

Travail de Bachelor 2015

Apprentissage en immersion virtuelle (APIM)



Étudiant : Loïc Zen Ruffinen

Professeure : Anne-Dominique Salamin

Déposé le : 12 février 2016

www.hevs.ch

SOURCE DE L'ILLUSTRATION DE LA PAGE DE TITRE

<http://cdn.slashgear.com/wp-content/uploads/2014/12/fold1.jpg>

RÉSUMÉ

Appelée à se développer fortement dans un futur proche, la réalité virtuelle est une technologie qui a le pouvoir d’immerger son utilisateur dans un monde alternatif. Au contraire de la réalité augmentée qui, elle, superpose des informations digitales à l’environnement entourant le sujet, la réalité virtuelle propulse ce dernier dans un autre lieu et/ou à une autre époque.

Après avoir expliqué ces deux notions, nous avons étudié les différents types de *wearable devices*. Si la plupart d’entre eux n’ont pas de lien avec la réalité virtuelle, nous avons ensuite décrit un certain nombre de casques de réalité virtuelle. Nous avons constaté que ceux d’entre eux appelés à démocratiser cette nouvelle technologie seront lancés sur le marché dans le courant de l’année 2016. Google Cardboard, fonctionnant avec un smartphone, a lui servi de précurseur et propose déjà de nombreuses applications, dont la majorité ne sont malheureusement divertissantes que pour une dizaine de minutes.

Nous avons ensuite dressé un état de l’art des applications d’apprentissage en immersion virtuelle sur Google Cardboard dans le but de différencier les types d’interactions et les points positifs de ces applications d’un autre genre.

Afin d’explicitier cela, nous avons implémenté puis développé un cas pratique qui a pour but de créer quelque chose de nouveau et de réellement utile : l’apprentissage à la conduite. Il a été créé sur Unity 3D. Si nous avons pu atteindre les objectifs initiaux et réaliser un prototype de réalité virtuelle fonctionnel sur Google Cardboard, nous avons appris qu’il ne vaut mieux pas travailler avec des vidéos à 360 degrés sur Unity, cette plate-forme étant davantage adaptée au développement de jeux vidéo.

En guise de conclusion, osons affirmer que la réalité virtuelle ne se limitera pas qu’aux jeux vidéo à l’avenir, mais qu’elle changera notre façon de découvrir le monde.

Mots-clés : réalité virtuelle, *wearable devices*, Google Cardboard, apprentissage, immersion

AVANT-PROPOS

Ce rapport (ainsi que tout document et logiciel annexes s’y rapportant) a été réalisé dans le cadre du travail de Bachelor, module final (656-1) de la formation Bachelor en Informatique de gestion de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) Valais-Wallis. Conformément aux directives sur le travail de Bachelor, il fera l’objet d’une défense orale dont la finalité sera de présenter le déroulement du travail et les résultats obtenus.

Le rapport a pour but d’expliquer ce que sont les *wearable devices*, la réalité augmentée et la réalité virtuelle et de décrire les moyens d’utiliser cette dernière à des fins d’apprentissage, notamment à l’aide de casques de réalité virtuelle. De plus, un prototype basé sur un cas pratique a également été développé et est joint à ce document, comme exigé par la donnée du travail de Bachelor, établie en décembre 2014.

Au sujet des limites de ce travail, il est important de noter qu’il n’énumère en aucun cas une liste exhaustive des appareils existant sur le marché et qu’il n’a pas pour vocation de tester ceux-ci ou d’établir un comparatif entre eux ; il se contente de présenter les caractéristiques des principaux appareils actuellement ou prochainement disponibles.

Avant même la proposition des divers sujets à choix, j’ai été approché par la Prof. Salamin qui m’a suggéré le thème de l’apprentissage en immersion virtuelle. Passionné de nouvelles technologies et motivé à l’idée d’en apprendre plus sur la réalité virtuelle au travers de recherches et du développement d’une application, j’ai accepté sans hésitation. Bien que le thème m’ait été officiellement attribué en avril 2015, le travail de Bachelor a commencé le 14 septembre de la même année (variante II) et s’est achevé le 12 février 2016.

Conformément au guide de présentation et de réalisation des travaux écrits propre à la Haute École de Gestion & Tourisme de la HES-SO Valais-Wallis, ce rapport respecte les normes de mise en forme du manuel de publication de l’American Psychological Association (APA), 6^e édition. Pour rappel, « [l]e style APA est un format éditorial largement utilisé [...] pour les publications et rapports scientifiques » (Rodier & Zuber, 2013, p. 1).

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier personnellement la Prof. Anne-Dominique Salamin qui m’a proposé ce thème et m’a accompagné tout au long de ce travail en tant que professeure responsable du suivi.

Un grand merci également à M. Christophe Hadorn, spécialiste technique du centre Cyberlearn, qui m’a encadré et donné des pistes pour la partie technique du prototype de ce travail.

De plus, je remercie M. Vincent Praz, stagiaire de montage vidéo chez Cyberlearn, qui s’est chargé de réaliser et de traiter les prises vidéo ainsi que Mme Céline Thurre-Millius qui a prêté sa voix et l’a enregistrée pour le cas pratique.

Enfin, un merci tout particulier à mon entourage qui m’a soutenu et accompagné durant ce travail, spécialement à mon frère Vincent qui a relu ce rapport et s’est assuré qu’il ne contienne aucune faute d’orthographe, syntaxique ou grammaticale.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	IX
INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE.....	3
2. RÉALITÉ VIRTUELLE ET RÉALITÉ AUGMENTÉE	4
2.1. DÉFINITIONS.....	4
2.1.1. Immersion/Réalité virtuelle	4
2.1.2. Réalité augmentée	5
2.2. DIFFÉRENCES ENTRE RÉALITÉ VIRTUELLE ET RÉALITÉ AUGMENTÉE	6
2.3. UTILISATIONS COURANTES.....	7
3. OBJETS CONNECTÉS	11
3.1. WEARABLE DEVICES	11
3.1.1. Google Glass	12
3.1.2. Microsoft HoloLens.....	14
3.1.3. Autres types de wearable devices.....	14
3.2. CASQUES DE RÉALITÉ VIRTUELLE	17
3.2.1. Catégories de casques VR.....	18
3.2.2. Oculus Rift.....	19
3.2.3. Sony PlayStation VR.....	21
3.2.4. Sony HMZ-T3W.....	22
3.2.5. HTC Vive Pre	22
3.2.6. FOVE	23
3.2.7. Samsung Gear VR	24
3.3. GOOGLE CARDBOARD	25
3.3.1. Applications Google Cardboard.....	28
3.3.2. Interaction avec Google Cardboard.....	30
4. APPRENTISSAGE IMMERSIF	33
4.1. SITUATION ACTUELLE ET TENDANCES	33
4.2. ÉTAT DE L'ART	35
4.2.1. Nefertiti VR	35
4.2.2. Chemistry VR - Cardboard	36
4.2.3. Space Explorer VR.....	38
4.2.4. Titans of Space® Cardboard VR	38

4.2.5.	<i>InCell VR (Cardboard)</i>	39
4.3.	<i>SERIOUS GAME EN RÉALITÉ VIRTUELLE</i>	40
5.	SCÉNARIO D'APPRENTISSAGE	41
5.1.	DONNÉE ET RÉALISATION	41
5.2.	SIMILARITÉS AVEC UN PROTOTYPE EXISTANT	42
5.3.	DÉTAIL DU SCÉNARIO	42
5.3.1.	<i>Origine de l'idée</i>	42
5.3.2.	<i>Éléments intégrés au scénario</i>	43
5.3.3.	<i>Types d'interaction</i>	44
5.3.4.	<i>Division du scénario en niveaux de jeu</i>	45
5.3.5.	<i>Description du scénario</i>	46
6.	PROTOTYPE	50
6.1.	ENVIRONNEMENT DE DÉVELOPPEMENT	50
6.1.1.	<i>Android Studio</i>	51
6.1.2.	<i>Unity 3D</i>	51
6.2.	INSTALLATION DES COMPOSANTS.....	52
6.3.	DÉVELOPPEMENT	54
6.3.1.	<i>Importation du SDK Cardboard pour Unity</i>	55
6.3.2.	<i>Importation de vidéos à 360 degrés</i>	56
6.3.3.	<i>Changements de scènes</i>	58
6.3.4.	<i>Interaction par le regard</i>	60
6.3.5.	<i>Interaction par l'aimant latéral</i>	61
6.3.6.	<i>Interaction par la voix</i>	62
6.3.7.	<i>Déploiement</i>	62
6.4.	RÉSULTAT FINAL ET BILAN.....	64
	CONCLUSION	66
	RÉFÉRENCES	68
	ANNEXE I : PLANIFICATION	74
	ANNEXE II : SUITE DU CAS PRATIQUE	76
	ANNEXE III : CODE DE L'AIMANT LATÉRAL DE CARDBOARD	79
	DÉCLARATION DE L'AUTEUR	80

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : jeune femme essayant un vêtement à l'aide de la réalité augmentée	6
Figure 2 : exemple de réalité virtuelle.	7
Figure 3 : publicité utilisant la réalité augmentée, faisant apparaître des animaux en 3D sur un téléphone	9
Figure 4 : application de réalité augmentée affichant les noms de restaurants à proximité..	10
Figure 5 : Google Glass	12
Figure 6 : utilisatrice testant l'Oculus Rift avec un casque audio	20
Figure 7 : utilisateur portant un casque PlayStation VR	21
Figure 8 : Google Cardboard, première version.....	26
Figure 9 : exemple d'image stéréoscopique	27
Figure 10 : schéma expliquant le principe d'un <i>fuse button</i>	31
Figure 11 : capture d'écran de l'application Nefertiti VR.....	36
Figure 12 : capture d'écran en mode Cardboard de l'application Chemistry VR - Cardboard	37
Figure 13 : capture d'écran de l'application Titans of Space® Cardboard VR.....	39
Figure 14 : extrait du cas pratique enregistré par une caméra filmant à 360 degrés	46
Figure 15 : logo d'Unity	52
Figure 16 : Android SDK Manager	53
Figure 17 : fenêtre de création d'un nouveau projet Unity	54
Figure 18 : environnement de travail Unity configuré pour Cardboard	55
Figure 19 : objet <i>Main Camera</i> se situant au cœur d'un objet <i>Sphere</i>	57
Figure 20 : obligation d'ajouter toutes les scènes du projet dans le menu <i>Build Settings</i>	59
Figure 21 : appel du script lançant la scène dont le numéro correspond à celui entré dans <i>Go To Scene</i>	61
Figure 22 : menu <i>Build Settings</i> permettant le déploiement d'une application Unity3D	63

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- APA : American Psychological Association
- APIM : apprentissage en immersion virtuelle
- Casques VR : casques de réalité virtuelle
- CES : Consumer Electronics Show
- DK : Development Kit
- GDK : Glass Development Kit
- GPS : Global Positioning System
- H₂O : molécule d'eau
- HES-SO : Haute école spécialisée de Suisse occidentale
- IDE : Integrated Development Environment
- JDK : Java Development Kit
- LMS : Learning Management System
- NaCl : chlorure de sodium
- NASA : National Aeronautics and Space Administration
- NFC : Near Field Communication
- OLED : Organic Light-Emitting Diode
- PC : Personal Computer
- RF : responsable de filière
- SDK : Software Development Kit
- VHIL : Virtual Human Interaction Lab
- VR : Virtual Reality

INTRODUCTION

Qui n'a jamais rêvé de pouvoir se téléporter virtuellement à l'autre bout du monde ? De visiter l'opéra de Sydney ou la Statue de la Liberté depuis chez soi ? Avec l'évolution de la réalité virtuelle, cela est désormais possible.

À titre de comparaison, il n'y a pas si longtemps encore, les smartphones ne semblaient être que de simples téléphones capables d'offrir quelques applications ludiques, rien de plus. De même, lorsqu'elles sont arrivées sur le marché quelques années plus tard, les tablettes ne paraissaient destinées qu'à divertir les utilisateurs au travers de vidéos ou de jeux sur un écran tactile légèrement plus grand que celui d'un smartphone. Rares sont ceux qui imaginaient qu'elles deviendraient un compagnon de travail, un moyen d'augmenter sa productivité, de découvrir le monde et les actualités et qu'elles seraient de nos jours largement répandues dans le domaine éducationnel.

De même, dans les années 1950, le premier à avoir eu l'idée d'un jeu vidéo, Ralph Baer, a permis l'interaction entre un humain et une interface utilisateur dans le but de générer un retour visuel sur un dispositif vidéo (Burrowes, 2014). Ensuite est apparu l'avatar, un personnage représentant un utilisateur tout d'abord dans les jeux vidéo puis sur Internet. Il permet à l'internaute de se créer un personnage en choisissant l'image qu'il veut se donner dans le monde virtuel. Aujourd'hui, si la technologie s'est rapprochée de l'humain et se porte sur soi grâce aux *wearable devices*, la réalité virtuelle permettra de vivre des moments inespérés et de prendre la place de n'importe qui, n'importe où, n'importe quand. Nous sommes ainsi, d'une certaine manière, devenus notre propre avatar.

Ce monde virtuel dans lequel l'utilisateur se retrouve plongé offre en effet des possibilités qui semblent infinies. Au même titre que les tablettes et les smartphones ont révolutionné le monde de l'informatique, la réalité virtuelle a devant elle un avenir très prometteur et pourrait changer notre façon de concevoir le monde et d'apprendre.

Avant d'entrer dans le monde de la réalité virtuelle, nous commencerons par définir le contexte de ce travail et par présenter le centre e-learning Cyberlearn.

Dans un deuxième temps, nous expliquerons en détail les termes de réalité virtuelle et de réalité augmentée et ferons le point sur leurs utilisations courantes. Une différenciation des deux permettra de ne pas les confondre et de bien saisir leurs disparités.

Par la suite, nous nous intéresserons à différents types d'objets connectés comme les *wearable devices* et les casques de réalité virtuelle ; il s'agira de les comparer et de relever les principales fonctions des plus connus d'entre eux. Nous nous attarderons en détail sur le casque Google Cardboard.

Puis nous tenterons d'expliquer comment l'apprentissage peut être utilisé en immersion virtuelle. Pour cela, un état de l'art de quelques applications d'apprentissage immersif sera dressé et le principe des *serious games* en immersion virtuelle sera défini.

De plus, afin de rendre cet apprentissage plus explicite, nous définirons un cas pratique qui a été implémenté.

Celui-ci sera développé et détaillé dans la dernière partie de ce travail, qui fera office d'exemple-test créé sur le système Cardboard de Google.

Finalement, en guise de conclusion, nous établirons un bilan, révélerons les problèmes, les failles et le rôle de la réalité virtuelle ainsi que les possibilités qu'elle pourra offrir à l'avenir.

1. CONTEXTE

La Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) dispose depuis octobre 2004 d'un centre e-learning pour ses différentes écoles et ses divers domaines. Il porte le nom de Cyberlearn.

Aujourd'hui rattaché au dicastère Enseignement de la HES-SO, Cyberlearn est composé d'une équipe pluridisciplinaire de dix collaborateurs à temps partiel ainsi que d'un comité de pilotage qui intègre des représentants de chaque domaine et canton de la HES-SO (Salamin, 2014). Son principal but est la mise à disposition d'une plate-forme d'apprentissage en ligne¹ se basant sur le Learning Management System (LMS) open-source Moodle, sur laquelle les professeurs peuvent notamment déposer des documents de cours et du contenu éducatif à destination des étudiants, ces derniers pouvant gérer leurs cours en tout temps et en tous lieux.

Toujours à l'affût des dernières technologies innovantes, l'équipe Cyberlearn ne s'occupe pas uniquement du e-learning, de son développement informatique et de la promotion multimédia de celui-ci, mais également de projets innovants. Les outils développés par le centre Cyberlearn visent à favoriser l'apprentissage sous de nouvelles formes, en ciblant en particulier les étudiants *digital natives*, cette génération qui a grandi dans un environnement numérique où Internet occupe une place prépondérante. C'est dans cette optique que Cyberlearn s'intéresse à l'apprentissage en immersion virtuelle.

Ce travail a été défini par Cyberlearn dans le but d'étudier en détail la réalité virtuelle et les *wearable devices*. L'accent sera spécifiquement mis sur l'apprentissage immersif, avec notamment l'implémentation et la réalisation d'un cas pratique d'apprentissage en immersion virtuelle.

¹ <https://cyberlearn.hes-so.ch/>

2. RÉALITÉ VIRTUELLE ET RÉALITÉ AUGMENTÉE

Réalité virtuelle, réalité augmentée. Il arrive de plus en plus fréquemment d'entendre ces termes. Si elles sont souvent confondues, les deux expressions ne sont pourtant pas synonymes et définissent chacune un environnement bien spécifique qu'il s'agira de comprendre au travers de deux définitions. La comparaison de ces deux notions permettra de mieux saisir la différence qui les oppose. Enfin, un chapitre présentant leurs principales utilisations servira à ancrer ces deux notions dans le réel.

2.1. Définitions

Dans le but d'aborder la problématique de ce travail, nous commencerons par définir dans un premier temps l'immersion et la réalité virtuelle. Dans un second temps, nous définirons la réalité augmentée.

2.1.1. Immersion/Réalité virtuelle

Tout d'abord, il convient de définir ce que l'on entend par le terme d'immersion. Le principe d'immersion consiste à « replacer virtuellement un sujet dans un environnement, en recréant artificiellement les stimuli générés par ce même environnement dans la réalité » (DSFI Group, 2015). À proprement parler, un sujet victime d'immersion souffre d'une perception altérée de la réalité, une réalité modifiée par certains éléments tels que l'environnement.

L'immersion peut, dans quelques rares cas qui ne seront pas traités ici et que certaines interprétations considèrent comme de l'immersion, ne pas être virtuelle, mais uniquement visuelle, comme par exemple en combinant simplement sons et images projetées au mur ; l'immersion serait dans ce cas une simple perception du cerveau humain.

Les termes d'« immersion » et « virtuelle » sont intimement liés : dans la plupart des cas, c'est la virtualisation d'un environnement qui permet une immersion. Celle-ci peut prendre forme à l'aide d'un système immersif, autrement dit un appareil (*device*) qui va offrir la réalité virtuelle à l'utilisateur. Ce système d'immersion virtuelle peut se décliner sous plusieurs formes, tel qu'un casque de réalité virtuelle, comme nous allons le voir au fil de ce travail. Son rôle est d'« immerger un ou plusieurs utilisateurs au cœur d'un environnement

artificiel dans lequel il pourra ressentir et interagir en temps réel au moyen d’interfaces sensorielles et motrices » (Biri, Bouvier, de Sorbier de Pognadoresse, Chaudeyrac, & Piranda, 2006).

Dans un cas de réalité ou d’immersion virtuelle (les deux termes étant synonymes), le sujet a réellement l’impression de se retrouver dans un autre lieu, un lieu invisible à l’œil nu qui obéirait aux seules règles définies préalablement par un programmeur. C’est là qu’intervient la question du degré d’immersion que le sujet peut découvrir dans le système immersif, ce degré étant basé sur les sensations vécues et lié à l’appel aux cinq sens humains (principalement vue, ouïe et toucher, éventuellement odorat voire goût).

Bien qu’immersion virtuelle et réalité virtuelle soient synonymes, la seconde appellation est bien plus utilisée dans le domaine des nouvelles technologies, elle est souvent abrégée par l’acronyme VR (de l’anglais *Virtual Reality*). Pour une immersion totale, l’utilisateur doit se sentir au cœur d’un environnement nouveau, il doit croire que ce qu’il voit est la réalité – d’où le terme de réalité virtuelle – afin de se retrouver dans un monde alternatif et d’y être totalement immergé. Pour qu’il se laisse prendre au jeu, le système doit être crédible, réactif et le plus interactif possible, sans quoi l’immersion ne saurait être totale. Le monde virtuel devrait être créé avec pour but de ne pouvoir distinguer ce qui est vrai de ce qui ne l’est pas (McKalin, 2014).

2.1.2. Réalité augmentée

À proprement parler, la réalité augmentée est « une version améliorée de la réalité » (Augmented Reality | Definition of augmented reality by Merriam-Webster, s.d.), cette version étant rendue possible grâce à la technologie d’un appareil numérique (*device*) qui va ajouter des éléments non réels à la vision réelle de l’utilisateur, ou plutôt à la vision que celui-ci aura en regardant au travers de l’écran ou de la projection du *device* produisant cette technologie. Dite technologie provient généralement d’un casque ou de lunettes de réalité augmentée, d’un smartphone ou d’une tablette. Plus simplement dit, « la réalité augmentée est l’intégration en temps réel de données numériques dans l’environnement de l’utilisateur » (Rouse, 2015). Ainsi, en regardant au travers d’un écran, il est possible de voir des éléments additionnels virtuels que nous ne pourrions pas voir sans cet écran.

Un exemple de comment la réalité augmentée pourrait être utilisée dans un futur relativement proche est l'essayage des habits en magasin (Schmitt, 2014) : plutôt que de devoir se déshabiller dans une cabine d'essayage puis de revêtir, par exemple, une nouvelle robe pour voir si elle convient, la cliente n'aurait qu'à se positionner face à un écran muni d'une caméra et sélectionner virtuellement la robe désirée pour qu'elle soit portée sur son reflet virtuel, autrement dit sur l'écran faisant office de miroir. De tels prototypes existent déjà au Japon.



Figure 1 : jeune femme essayant un vêtement à l'aide de la réalité augmentée

© YOSHIKAZU TSUNO/AFP/Getty Images

Source : <http://www.zeit.de/2014/36/augmented-reality-computer-information>

2.2. Différences entre réalité virtuelle et réalité augmentée

La réalité augmentée et la réalité virtuelle sont souvent confondues, beaucoup de gens utilisant les deux termes comme s'ils étaient synonymes, alors que ce n'est pourtant pas le cas.

Pour faire simple, la réalité augmentée se distingue de la réalité virtuelle dans le sens où la première ne fait qu'ajouter des éléments numériques à ce qui est filmé par une caméra et donc vu par l'utilisateur sur un écran alors que la deuxième plonge entièrement l'utilisateur dans un environnement virtuel, en lui faisant vivre des images comme s'il les voyait à travers

ses yeux. Il n'y a dans le cas de la réalité virtuelle plus de lien avec ce qui se trouve autour de l'utilisateur.

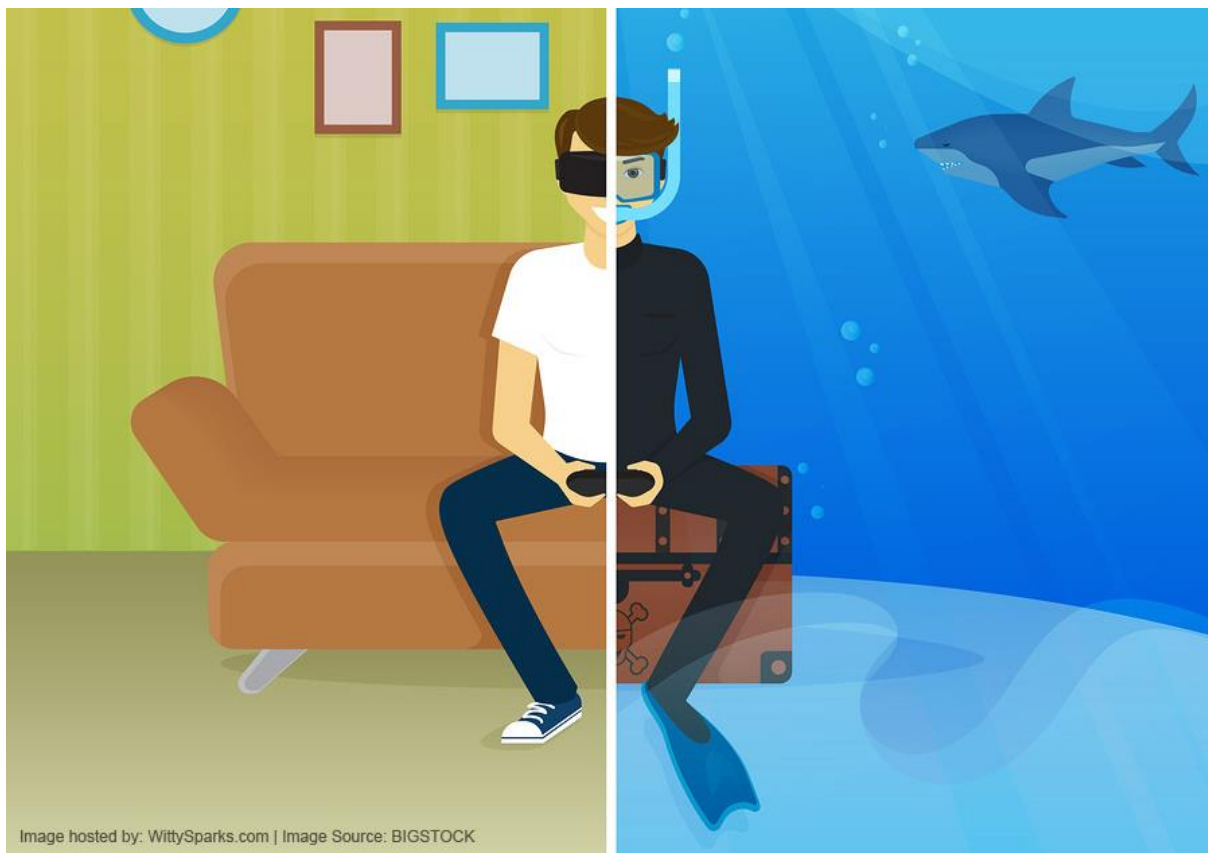


Figure 2 : exemple de réalité virtuelle. À gauche, ce que l'utilisateur vit ; à droite, ce que l'utilisateur voit.
Source : <http://www.wittysparks.com/virtual-reality-and-augmented-reality-prime-facets-of-modern-innovation/>

Ari Grobman, vice-président des ventes et du développement d'une société spécialisée dans la technologie optique pour la réalité augmentée, résume cette différence en une simple phrase : « la réalité virtuelle vous emmène ailleurs alors que la réalité augmentée vous amène l'ailleurs ». Cet expert de la réalité augmentée ne les voit pas comme concurrentes, mais comme technologies complémentaires (Chapman, 2016).

2.3. Utilisations courantes

Les deux technologies précitées sont de nos jours de plus en plus utilisées, ceci s'expliquant par l'avancée de la technologie de virtualisation et par la puissance toujours grandissante des performances graphiques des smartphones, tablettes et ordinateurs. De même, comme nous le verrons plus loin dans ce rapport, les principaux casques de réalité

virtuelle seront lancés sur le marché dans le courant de l'année 2016. La réalité virtuelle et la réalité augmentée furent d'ailleurs l'un des principaux thèmes du salon d'électronique CES (Consumer Electronics Show) de Las Vegas qui s'est tenu en janvier 2016 (Chapman, 2016).

Pour le moment, force est de constater que la **réalité virtuelle** est, dans la plupart des cas, utilisée uniquement à des fins ludiques, telles que se retrouver dans une montagne russe ou dans l'espace. Elle a généralement pour but de transporter l'utilisateur dans un monde inconnu et de lui offrir un spectacle à la première personne. La principale application de l'immersion virtuelle est sans aucun doute les jeux vidéo. Celle-ci pourrait même transformer totalement l'industrie vidéoludique. Imaginez vivre un jeu non plus uniquement avec un personnage que vous contrôlez à l'écran, mais en y étant vous-même, comme si le personnage principal, c'était vous. La réalité virtuelle offre la possibilité de se retrouver dans des situations exceptionnelles à n'importe quel moment : certaines de ses utilisations se retrouvent par exemple dans le domaine du sport, que ce soit en tribunes pour donner l'illusion aux spectateurs d'être aux premières loges en regardant un match de leur équipe préférée depuis leur domicile ou sur le terrain pour permettre aux joueurs de s'entraîner en situation de match (en reproduisant bien entendu les mêmes mouvements que durant un vrai match, par exemple arrêter les tirs adverses en se déplaçant pour un gardien). Parmi les nombreux autres exemples d'application de la réalité virtuelle, citons la NASA² qui a présenté un prototype de réalité virtuelle en offrant aux visiteurs du CES 2016 de graviter autour de l'une de ses fusées ou l'industrie pornographique qui va l'utiliser pour lancer des vidéos à 360 degrés où les spectateurs se retrouveront au centre des scènes de différents films X (Chapman, 2016).

Quant aux principales applications mobiles de **réalité augmentée**, elles se contentent généralement d'afficher, en sus de l'environnement filmé par la caméra, des dinosaures, des objets mystiques ou des créatures imaginaires. Ce type d'applications intégrant ce genre d'éléments distraient l'utilisateur pendant quelques minutes, mais n'ont pas d'utilité réelle et finissent très vite par lasser. La réalité augmentée peut parfois être utilisée comme un moyen publicitaire : ce fut notamment le cas en 2007 déjà, lorsque le zoo de Wellington

² National Aeronautics and Space Administration, agence spatiale américaine

(capitale de la Nouvelle-Zélande) proposait aux lecteurs d'un journal local de filmer certains éléments avec leur téléphone portable, faisant ainsi apparaître des animaux en 3D sur l'écran de celui-ci, comme le montre la figure 3 ci-dessous (Macleod, 2007).



Figure 3 : publicité utilisant la réalité augmentée, faisant apparaître des animaux en 3D sur un téléphone

Source : <http://theinspirationroom.com/daily/2007/augmented-reality-at-wellington-zoo/>

Concernant des exemples de réalité augmentée qui apportent un réel plus et qui n'ont pas qu'une vocation ludique ou publicitaire, citons un casque pour motards intégrant un GPS sur la visière, l'enrichissement de l'apprentissage à l'aide d'objets transformés en 3D via la réalité augmentée ou encore des informations tels que les noms des sommets de montagnes se superposant à ceux-ci lorsque visionnés au travers de l'appareil photo d'un smartphone. Grâce au GPS intégré, les smartphones et les tablettes sont capables d'afficher de la même manière les noms des bars, restaurants, banques, offices de postes, points d'intérêts et autres services se trouvant à proximité de l'utilisateur en superposant ces informations à ce qui est filmé par la caméra du smartphone.



Figure 4 : application de réalité augmentée affichant les noms de restaurants à proximité

Source : <http://www.realareal.com/citysearch-launch-augmented-reality-iphone-app>

Bien que dispensables, les lunettes connectées telles que les Google Glass, présentées plus loin dans ce rapport, sont un support idéal pour la réalité augmentée étant donné qu'elles sont constamment portées par l'utilisateur et ne nécessitent pas de filmer précisément ce qui doit être virtuellement augmenté, comme c'est le cas avec un smartphone.

3. OBJETS CONNECTÉS

Ce chapitre se focalise sur les différents objets connectés actuellement ou prochainement disponibles. Nous nous intéresserons tout d’abord aux *wearable devices*, afin de déterminer quels en sont les types faisant office de principaux acteurs de ce marché encore émergent et surtout dans le but de définir lesquels peuvent utiliser la réalité augmentée. Par la suite, nous plongerons dans le monde de la réalité virtuelle en analysant les principaux casques de réalité virtuelle, et en particulier le casque Cardboard de Google.

3.1. *Wearable devices*

Littéralement, les *wearable devices* sont des appareils électroniques pouvant être portés par les utilisateurs (synonyme : *wearable technology*), c’est-à-dire des objets connectés à Internet via un smartphone, une tablette ou un ordinateur et à porter sur soi. La plupart de ces objets se connectent au travers des technologies Wi-Fi ou Bluetooth. Il peut s’agir d’accessoires tels que bijoux, montres, lunettes, sacs à dos, casques ou même vêtements (T-shirts, chaussures, pull-overs, vestes, etc.) (NMC Horizon Project, 2014). Leur but principal est, outre le divertissement, le suivi de la santé de l’utilisateur et de son état physique. Ils peuvent notamment enregistrer le rythme cardiaque, les entraînements et autres efforts sportifs accomplis, les heures de sommeil accumulées, etc. (Wearable devices = objets connectés, 2013). Le marché de l’e-santé, la santé en ligne, joue d’ailleurs un rôle considérable dans le développement de ces nouveaux objets technologiques.

D’un point de vue professionnel, les *wearable devices* sont la plupart du temps considérés comme de simples gadgets destinés aux consommateurs et inutiles pour les entreprises. Ils peuvent pourtant se révéler particulièrement utiles non seulement en termes de suivi et d’analyse de données, mais également en termes de productivité (Salesforce France, 2014), car ils permettent d’accélérer les processus standards en rendant immédiat l’accès à des informations. Les entreprises se doivent de saisir cette opportunité et se rendre compte que ne pas adopter ces nouvelles technologies leur ferait probablement prendre du retard sur la concurrence sur le long terme. En effet, l’apparition des objets connectés rend l’accès à l’information plus simple encore qu’avec les tablettes, que de plus en plus d’entreprises ont désormais adoptées sur le terrain. Mais réduire les *wearable devices* à des PC miniatures

s'apparenterait à se voiler la face, car ils sont appelés à changer la façon de travailler dans de nombreux secteurs, de la même manière que les ordinateurs ont supplanté les machines à écrire dans les bureaux et qu'ils sont devenus indispensables pour quasiment toute entreprise de nos jours.

Nous allons désormais passer en revue les principaux types de *wearable devices* et tenter de comprendre comment ils offrent une expérience de réalité augmentée.

3.1.1. Google Glass

De tous les *wearable devices*, les plus médiatisés furent probablement les Google Glass, les lunettes connectées à réalité augmentée du géant américain Google. De par leur positionnement sur le nez de l'utilisateur (elles se portent comme des lunettes traditionnelles) et l'écran intégré visible uniquement pour celui qui porte les Glass, elles permettent d'interagir non seulement avec un monde alternatif virtuel, mais également avec le monde réel en laissant le champ de vision de l'utilisateur pour la plus grande partie intact et en lui laissant les mains libres. Dès lors, leur utilisation permettrait d'apporter un plus dans de nombreux contextes (Les Google Glass et leurs utilisations, 2014) sans pour autant changer radicalement la manière de travailler de la personne concernée.



Figure 5 : Google Glass

Source : <http://www.clubic.com/mobilite-et-telephonie/objets-connectes/google-glass/actualite-615124-google-glass-service-verres-correcteurs-google.html>

Il est ainsi possible d'imaginer des médecins porter des Google Glass, par exemple afin de contrôler des mesures, communiquer avec un autre médecin par vidéoconférence ou transmettre instantanément des photos pendant une intervention, le tout sans avoir à se servir de leurs mains à ces fins. La santé n'est qu'un domaine parmi d'autres où des lunettes connectées pourraient avoir leur place au quotidien ; citons également l'éducation, avec la possibilité pour les élèves d'interagir directement avec la matière présentée, ou le recrutement dans les ressources humaines, avec la possibilité d'enregistrer en vidéo l'entretien d'un candidat afin de l'analyser par la suite. Si les possibilités d'utilisation sont multiples, encore faudrait-il que les professionnels y adhèrent et décident de changer légèrement leurs habitudes pour franchir le pas, de manière à ce que les clients puissent bénéficier d'un service plus développé. Les consommateurs privés auraient également pu y trouver leur compte, qu'il s'agisse de suivre un itinéraire GPS à pied ou d'obtenir des informations en temps réel sans baisser les yeux. Cependant, de par leur prix élevé et la difficulté d'intégration de cette technologie par les utilisateurs, la vente de Google Glass à des particuliers s'est arrêtée le 19 janvier 2015 (Burns, 2015). Il n'en reste pas moins que Google travaille actuellement sur une nouvelle version des Glass, destinée uniquement aux entreprises (Burns, Google Glass Is Alive, 2015).

Dans le but de motiver les développeurs à créer des applications pour ses Glass, Google propose un Glass Development Kit (GDK), qui n'est autre qu'un *add-on* au SDK³ Android⁴. Ainsi, le programmeur peut travailler dans un environnement connu, avec pour avantage toutes les fonctions supplémentaires que présentent les Google Glass. Une fois le code écrit, les tests se font directement sur les Glass (Google, 2015).

Bien entendu, il existe plusieurs autres modèles et fabricants de lunettes connectées dont les principales fonctions sont exactement les mêmes que celles des Google Glass. Les concurrents les plus connus sont les Epson Moverio du groupe japonais Seiko Epson Corporation ou les Recon Jet des Canadiens de Recon Instruments. A noter également que

³SDK : Software Development Kit, package réunissant les outils nécessaires aux programmeurs pour développer des applications sur différentes plates-formes (Beal, s.d.), telles qu'Android.

⁴Android est un système d'exploitation mobile développé par Google.

certaines modèles de lunettes connectées sont assez proches des casques de réalité virtuelle, que nous aurons l'occasion d'évoquer plus en détail par la suite (voir point 3.2).

3.1.2. Microsoft HoloLens

À mi-chemin entre les lunettes connectées et les casques de réalité virtuelle, HoloLens de Microsoft permet l'intégration d'hologrammes en trois dimensions dans notre environnement. Bien que ressemblant davantage à un casque qu'à des lunettes, la visière du HoloLens est transparente et laisse donc voir le monde alentour, y ajoutant uniquement d'autres éléments non réels.

Combiné à la technologie de reconnaissance de mouvements Kinect de Microsoft, HoloLens peut voir comment l'utilisateur bouge et reproduire ses mouvements comme si ce dernier interagissait avec les hologrammes. Ainsi, il y a là une réelle interaction et un potentiel énorme vis-à-vis de diverses applications, notamment en matière de design d'objets en trois dimensions. De plus, HoloLens est pourvu d'une caméra qui filme ce que l'utilisateur voit et permet donc le chat vidéo de la même manière que les Google Glass. HoloLens est en ce sens également un exemple concret de réalité augmentée, loin d'autres mondes virtuels tels que ceux produits par les casques de réalité virtuelle (Statt, 2015).

Microsoft HoloLens a pour avantage d'être entièrement autonome : ni smartphone, ni PC, ni console ne sont requis. La commercialisation de la première version pour développeurs de HoloLens est attendue pour le premier trimestre 2016, bien qu'il faudra attendre encore plusieurs années avant de découvrir la version finale du produit (Chièze, 2015).

3.1.3. Autres types de *wearable devices*

Parmi les autres types de *wearable devices*, évoquons les montres connectées (ou smartwatches). Même si elles existent depuis plusieurs années, les montres connectées sont plutôt restées dans l'ombre d'autres *devices* jusqu'en 2015. Pourtant pratiques pour le sport et le suivi des performances – mais également pour l'accès à des informations en un rapide coup d'œil (e-mails, horaires, informations en temps réel et autres notifications) et la communication – les smartwatches ont souvent été réduites à de simples accessoires de smartphones et n'ont jamais vraiment été considérées comme de véritables montres. Les

choses ont évolué depuis l'annonce à l'automne 2014 de l'Apple Watch, la montre de la firme de Cupertino. Se rendant compte du potentiel horloger et désireuse de se lancer sur le marché des *wearable devices*, Apple lança début 2015 sa montre connectée sous trois versions, dont notamment une édition de luxe (Apple Watch Edition) avec des boîtiers en or dix-huit carats et du cristal de saphir, vendues entre 10'500 et 17'500 francs suisses (Apple, 2015). Craignant qu'Apple et d'autres entreprises informatiques ne prennent le dessus, les marques horlogères ripostèrent et lancèrent à leur tour de nombreux modèles de montres connectées. Ainsi, lors du salon de l'horlogerie Baselworld 2015, Tag Heuer, membre du groupe de luxe LVMH, annonça un partenariat avec Intel et Google pour lancer « la première smartwatch de luxe fonctionnant sous Android Wear⁵ » (Lamkin, Tag Heuer Connected: Your guide to the Tag Android Wear smartwatch, 2015).

De nombreuses autres marques d'horlogerie lancent progressivement des modèles de montres connectées, souvent en proposant des interfaces standards qui ne laissent pas apparaître qu'il s'agit de smartwatches, toutes les fonctionnalités innovantes de celles-ci étant cachées derrière le mécanisme horloger traditionnel. Au niveau du développement, la plupart des montres connectées tournent sous Android Wear. Le développement est très similaire à du développement Android « classique » ; il suffit de mettre à jour le SDK vers Android 4.4W.2 (API 20) ou supérieur, puis de configurer un émulateur Android Wear ou de tester le programme directement sur le *wearable device*, Google recommandant la seconde option pour que le développeur puisse mieux jauger l'expérience utilisateur. En choisissant cette seconde option, il est alors nécessaire d'installer l'application Android Wear sur le smartphone et d'appairer ce dernier avec le *device*. Lors de la création du projet, il faudra créer deux activités, de sorte que le projet possédera deux modules, un pour mobile et un pour wear. Toutes les tâches requérant des ressources importantes ou plusieurs interactions utilisateur seront effectuées sur l'application mobile et seul le résultat sera transmis à la smartwatch (Google, s.d.).

⁵ Android Wear est une déclinaison d'Android, spécifiquement dédiée aux *wearable devices*

Concernant l'Apple Watch, elle tourne sous watchOS (actuellement en version 2), un système d'exploitation propre à Apple et forcément similaire à iOS⁶. Les applications dites de type WatchKit fonctionnent en arrière-plan sur l'iPhone, quand bien même c'est sur l'Apple Watch qu'elles s'affichent (Apple, s.d.). À noter enfin que les montres connectées de Samsung (dès la Gear 2) ne fonctionnent étonnamment pas sur Android Wear, mais sur un système d'exploitation créé par l'entreprise sud-coréenne nommé Tizen (de Waal-Montgomery, 2015).

Le *Quantified Self* (mesure de soi), ce phénomène qui permet de récolter des informations de mesure sur soi-même, s'est également développé à l'aide des bracelets connectés. Suivi de performances sportives, du rythme cardiaque, de la pression artérielle, de l'oxygénation du sang, des calories dépensées ou encore des phases de sommeil font partie des fonctionnalités de ces accessoires (Anzil, 2013) qui donnent également l'heure et sont dans ce sens très proches des montres connectées.

Les *wearable devices* peuvent prendre de nombreuses autres formes. Outre les deux principaux types cités ci-dessus, il existe notamment toutes sortes d'habits connectés : de la chaussure à la chaussette connectée, en passant par la ceinture qui enregistre tous vos moments de vie en prenant des photos en continu (Burnham, 2013). Les *wearable devices* n'ont pas fini de surprendre et les utilisateurs n'ont que l'embarras du choix pour enregistrer leurs pas, battements de cœur, mouvements, efforts et autres paramètres que ces appareils peuvent mesurer.

Il ne s'agit cependant dans ce cas aucunement de réalité augmentée ou virtuelle ; ces accessoires ne seront donc pas davantage développés dans ce rapport. De même, mis à part les lunettes connectées ou les objets de type HoloLens, aucun des autres *devices* cités ci-dessus ne permet l'apprentissage immersif. Nous nous concentrerons donc sur un type bien particulier de *devices* : les casques de réalité virtuelle.

⁶ iOS est un système d'exploitation mobile développé par Apple.

3.2. Casques de réalité virtuelle

Parfois considérés comme des *wearable devices* mais n'ayant pas la même finalité et ne partageant au final avec eux que le fait d'être connecté à Internet avec un objet porté sur la tête, les casques de réalité virtuelle (ou, abrégé, casques VR) offrent une expérience utilisateur totalement nouvelle. Leur but principal est de permettre à l'utilisateur de se déplacer virtuellement dans un autre univers. Une fois le casque mis sur la tête, l'utilisateur sera totalement déconnecté de la réalité ; il ne sera plus capable de voir ce qui se passe autour de lui et se retrouvera dans un autre monde. Pour accentuer encore l'immersion, il peut porter un casque audio capable de restituer la provenance programmée des sons autour de lui.

Si le monde virtuel vu au travers du casque n'est pas créé de toutes parts à la manière d'un jeu vidéo, il peut être préalablement enregistré, de la même manière qu'un film est tourné. Pour capturer ces images, il existe plusieurs types de caméras. Nokia a ainsi annoncé fin 2015 le lancement prochain de sa caméra de réalité virtuelle OZO, destinée aux professionnels et dont le prix avoisinera les 60'000 dollars (man, 2015). OZO fait suite à de nombreuses autres caméras de ce type, souvent bien moins onéreuses (à partir de quelques centaines de dollars pour les modèles d'entrée de gamme), telles que la Giroptic 360cam ou la V.360, cette dernière étant même résistante aux chocs, à la poussière et à l'eau. Par ailleurs, la technique du *stitching* permet de rattacher plusieurs plans filmés à l'aide de différentes caméras standards en une seule vidéo panoramique (VideoStitch, s.d.). Des logiciels du type de Vahana VR proposent ainsi aux spécialistes du montage vidéo de créer des vidéos à 360 degrés sans matériel supplémentaire. Néanmoins, le *stitching* n'offre pas la même qualité de rendu que des images filmées avec des caméras spécifiques et nécessite des compétences avancées en montage vidéo.

À noter que les casques de réalité virtuelle, particulièrement les moins chers qui offrent une moins bonne qualité d'image et sont dépourvus de stabilisateur, peuvent donner la nausée à certains usagers. Ce « mal du simulateur » s'apparentant à la cinétose (mal des transports) intervient du fait que les yeux de l'utilisateur pensent que le corps bouge, alors que tel n'est pas le cas (Google, s.d.). Google donne quelques conseils à suivre aux développeurs afin d'éviter au maximum cet effet nauséabond, comme par exemple d'éviter

les changements trop brusques de vitesse virtuelle ou de luminosité dans l'application ou de laisser l'utilisateur maître de ses mouvements plutôt que de lui donner le rôle de spectateur. Ces conseils sont cependant rarement mis en œuvre.

Nous commencerons par séparer les casques de réalité virtuelle en deux types distincts : les casques actifs et les casques passifs. Dans un second temps, nous détaillerons les principaux casques VR actuellement ou prochainement disponibles. Nous présenterons leurs caractéristiques et décrirons de manière succincte comment développer des applications pour chacun d'entre eux.

3.2.1. Catégories de casques VR

Les casques de réalité virtuelle ne sont pas totalement nouveaux : en effet, plusieurs types de casques ont été produits dans les années 1990 et 2000. La technologie et la virtualisation de l'époque ne permettant pas encore une immersion telle que celle qui se profile de nos jours, aucun de ces dispositifs ne remporta de véritable succès (Turquier, 2014). De plus, leur prix exorbitant ne permettait pas une commercialisation auprès du grand public (Durel, 2015).

La grande majorité des casques VR vendus aujourd'hui disposent d'écrans intégrés derrière les lentilles et doivent être reliés à un PC ou à une console de jeu offrant une grande capacité de calcul via un câble HDMI. Une solution sans fil n'est pour l'heure pas envisageable pour gérer deux flux de haute définition sans expérimenter de latence (Durel, 2015). Ils utilisent de plus des capteurs pour calculer les mouvements et les déplacements des utilisateurs. Ces casques sont communément appelés casques **actifs**.

Les autres casques disponibles sur le marché depuis relativement peu de temps – les casques **passifs** – n'embarquent que très peu de capteurs ou de technologie et ne peuvent fonctionner sans un smartphone qui se charge de gérer les calculs et dont l'écran affiche les images de réalité virtuelle, à voir au travers de lentilles intégrées aux casques. Le smartphone doit être placé devant les lentilles ; c'est uniquement lui qui permettra d'afficher ces images. Il est important de comprendre qu'il n'y a pas d'écran sur les casques de type passif (Durel, 2015).

Dans les prochains points, nous analyserons les principaux casques de réalité virtuelle actuellement disponibles ou encore en phase de développement, en commençant par les probables futurs leaders des casques VR de type actifs.

3.2.2. Oculus Rift

Pionnier de la réalité virtuelle de cette décennie, le casque Oculus Rift (produit par la société américaine Oculus VR) a souvent fait parler de lui au cours de ces dernières années. En cours de développement depuis fort longtemps, le projet a été officiellement lancé en 2012, après avoir obtenu un fort soutien (près de 2,5 millions de dollars) sur le site de financement participatif Kickstarter (Oculus Rift: Step Into the Game by Oculus, 2012). Bien que différentes versions pour développeurs aient déjà été lancées (DK1 en 2013 et DK2 en 2014, DK étant l'abréviation anglaise de kit de développement), la version finale ne sera commercialisée qu'au cours de l'année 2016, vraisemblablement au printemps (Oculus Rift : Date de sortie au premier trimestre 2016 annoncée, 2015). Depuis le 6 janvier 2016, il est possible de précommander un casque Oculus Rift en ligne (Oeillet, 2016). À noter qu'en 2014, Facebook a racheté la société Oculus VR pour la colossale somme de deux milliards de dollars, ce qui a provoqué la colère de nombreux internautes inquiets de voir un projet indépendant devenir une filiale du leader mondial des réseaux sociaux (Mc Shea, 2014).

Pour le moment, le principal avenir que l'on prête à l'Oculus Rift semble être le jeu vidéo, de très nombreux *gamers* attendant sa sortie depuis plusieurs années afin d'incarner leurs personnages favoris et de voir à travers leurs yeux. Côté loisirs toujours, la société Oculus a lancé le studio de films d'animation immersifs Oculus Story Studio. Celui-ci a déjà produit deux court-métrages où l'utilisateur se retrouve au cœur de l'action, face aux personnages (Grève, 2015). De même, de nombreux partenariats ont été conclus dans le but de diversifier les contenus disponibles pour le casque VR, comme celui avec Twitch pour visionner des vidéos de jeu vidéo en streaming⁷ ou celui avec Netflix qui a pour but de « proposer aux utilisateurs du Rift des vidéos à 360 degrés donnant l'impression d'être en plein milieu de l'action qui se passe sur l'écran » (man/afp, 2015).

⁷ Streaming : flux vidéo lu en ligne, sans téléchargement préalable

L'armée norvégienne a également fait part de son intérêt et a effectué des premiers tests avec l'Oculus Rift en 2014. Le casque VR, combiné à des caméras à l'extérieur de chars d'assaut, avait dans ce cas précis pour but de montrer la situation extérieure aux pilotes de ces chars d'assaut, ceux-ci pouvant voir à 360 degrés en tournant simplement la tête (Starr, 2014).



Figure 6 : utilisatrice testant l'Oculus Rift avec un casque audio

Source : <http://www.biztekmojo.com/00609/01/oculus-rift-vr-headset-release-date-set-q1-2016>

Disposant d'un écran OLED de 5,7 pouces full HD (1080p), l'Oculus Rift version finale embarquera un gyroscope, un magnétomètre et un accéléromètre ainsi qu'un son 3D Audio pour une immersion totale (Merli, 2015). L'Oculus Rift est – logiquement – capable de reconnaître les mouvements de la tête de l'utilisateur. Il devra être couplé, via un câble relié à un boîtier fourni, à un PC, celui-ci devant évidemment disposer d'une très bonne carte graphique, d'un processeur Intel de dernière génération, de 8 Go de RAM au minimum et d'un port HDMI 1.3 (Oculus VR, 2015). Certains fabricants d'ordinateurs sortiront d'ailleurs plusieurs modèles assortis d'une certification « Oculus Ready », garantissant ainsi qu'ils respectent la configuration minimale pour l'Oculus Rift (man/afp, 2015). Quant à l'interactivité, l'Oculus Rift peut être utilisé avec une manette de la console de jeu Xbox One de Microsoft ou avec une télécommande appelée Oculus Remote.

Au niveau de la partie technique, le langage de développement dépend du moteur de jeu utilisé : il est ainsi possible de coder en C#, C++ ou JavaScript (Worth, 2015). Sur son site web (Oculus VR, 2015), Oculus décrit la marche à suivre : installer le hardware Oculus Rift, installer les pilotes pour le *device*, configurer un profil utilisateur puis, une fois la configuration testée avec une application démo, installer le SDK et commencer à écrire le code de l'application.

3.2.3. Sony PlayStation VR

Appelé par son nom de code Sony Morpheus jusqu'à l'automne 2015, le PlayStation VR est destiné à un grand succès auprès des *gamers*. En renommant son casque de la sorte, Sony oriente ainsi clairement son casque vers l'industrie du jeu vidéo (Castejon, 2015). Pour le faire fonctionner, il sera donc nécessaire de posséder une console de jeu PlayStation 4 et d'associer les deux appareils. Le casque est également accompagné d'une petite boîte qui se connecte à la console et au casque via USB et HDMI ; c'est elle qui se chargera des calculs des opérations spécifiques au casque. En y connectant un écran, les autres personnes présentes seront à même de voir ce que l'utilisateur portant le casque voit. PlayStation VR offre un affichage 1920x1080 en full HD et un champ de vision de l'ordre de 100 degrés. La caméra de la console de jeu s'occupe du *tracking* du casque, enregistrant la position de ce dernier environ 1000 fois par seconde (Lamkin, Sony PlayStation VR: Essential guide to the hardware, games, release and more, 2015).



Figure 7 : utilisateur portant un casque PlayStation VR

Source : <http://blog.us.playstation.com/2015/03/03/project-morpheus-ps4-vr-upgraded-coming-in-2016/>

L'interaction avec le jeu pourra s'opérer de deux manières. La première d'entre elles est le moyen classique de contrôler un jeu vidéo : avec la manette DualShock 4, à savoir la manette par défaut de la PlayStation 4. Sony a également prévu de pousser plus loin encore l'expérience de jeu en rendant possible le contrôle via PlayStation Move. Concrètement, l'utilisateur tient dans chacune de ses mains un joystick avec lequel il ne doit pas seulement appuyer sur des boutons, mais également bouger, si ce n'est pas directement lui qui doit bouger. Il y a là un réel mouvement requis par le contrôleur, permettant une immersion encore plus grande.

La sortie du PlayStation VR est prévue pour la « première moitié de l'an 2016 » (Lamkin, Sony PlayStation VR: Essential guide to the hardware, games, release and more, 2015).

3.2.4. Sony HMZ-T3W

Le visiocasque HMZ-T3W offre « du divertissement immersif où que vous soyez ». Pas uniquement destiné au marché du jeu vidéo, le casque de Sony oriente sa communication sur le fait qu'il est parfaitement adapté pour regarder des films avec la même impression que celle d'être au cinéma, tout en pouvant se trouver chez soi ou dans un avion (une sorte de « cinéma personnel ») (Sony, s.d.). La firme japonaise affirme qu'utiliser le HMZ-T3W pour regarder un film s'apparente à se retrouver face à un écran de 750 pouces (19,05 mètres) vu de 20 mètres de distance. L'angle de vision est de 45 degrés seulement, soit environ la moitié de la plupart de ses concurrents.

Le casque de Sony possède « deux écrans OLED qui créent l'illusion d'un seul grand écran de projection » (Sony, s.d.). Il est capable d'afficher des films et des jeux en 2D et en 3D et est déjà disponible à la vente depuis la fin de l'année 2013.

3.2.5. HTC Vive Pre

Avec une commercialisation prévue pour avril 2016, le HTC Vive Pre, premier casque VR de la firme taïwanaise et conçu en partenariat avec Valve – « l'un des grands noms de l'industrie vidéoludique » (Durel, 2015) – sera commercialisé quasiment en même temps que ses principaux concurrents que sont l'Oculus Rift et le PlayStation VR.

Grâce à un capteur qui cartographie l'environnement de l'utilisateur et à sa caméra frontale, le HTC Vive offre l'avantage de ne pas quitter des yeux le monde réel lorsqu'il est porté par l'utilisateur. Cela offre une liberté de mouvement allant jusqu'à 5 mètres de diagonale et permet de superposer des éléments du monde réel à la réalité virtuelle, se rapprochant ainsi de la réalité augmentée (man, Le casque HTC Vive Pre garde un œil sur le réel, 2016).

Le kit de développement 2 (pour la version Vive Pre annoncée le 6 janvier 2016) sera prochainement disponible, son prédécesseur l'étant depuis mai 2015. Le HTC Vive est doté de deux écrans d'une résolution 1080x1200 par œil et offre un angle de vue de 110 degrés. Il sera livré avec une paire de contrôleurs de jeu sans fil et des écouteurs (Casques-VR, s.d.).

3.2.6. FOVE

Le projet FOVE a été lancé sur le site de financement participatif Kickstarter, avec pour objectif de récolter 250'000 dollars. Le montant a dépassé toutes les attentes de la firme, puisqu'au bout de trois mois, celle-ci avait récolté 480'650 dollars (Fove, s.d.).

FOVE se distingue de ses concurrents en étant le premier casque de réalité virtuelle intégrant le suivi des yeux de l'utilisateur (*eye tracking*) : à l'intérieur du casque se trouvent deux capteurs infrarouges qui suivent les mouvements des pupilles (Lamkin, FOVE eye-tracking VR headset hits Kickstarter, 2015). Pour utiliser ce casque destiné en premier lieu au marché du jeu vidéo, il suffira de viser « avec ses yeux », en regardant simplement à un endroit spécifique pour, par exemple, atteindre une cible. Le contact visuel devient également possible, ainsi pourra-t-on communiquer avec d'autres personnes virtuelles en les regardant droit dans les yeux, ceux de l'avatar virtuel reproduisant ceux de l'utilisateur. Ce système innovant apporte également un autre avantage considérable : réduire le « mal du simulateur », les impulsions des yeux remplaçant des mouvements de tête inutiles (Fove, s.d.). Les premiers retours évoquent une mise au point « extrêmement rapide » et un résultat « bien plus réaliste qu'un casque de réalité virtuelle basique » (Fromentin, 2015).

Tout comme le PlayStation VR, FOVE dispose d'un écran de 5.7 pouces offrant un affichage de haute définition et un angle de vision de 100 degrés. Il ne sera pas nécessaire d'acheter du matériel supplémentaire, FOVE étant compatible avec des PC standards

disposant d'une carte graphique pour jeux vidéo. L'entreprise propose un SDK intégrant du contenu de divers moteurs de jeu afin de permettre au plus grand nombre de développer des jeux vidéo compatibles avec son casque VR (Fove, s.d.).

La première version de FOVE devrait être disponible au premier trimestre 2016.

À noter enfin que, sur son site Internet, FOVE divise la réalité virtuelle en trois « générations » distinctes : la première consistant uniquement à voir à 360 degrés en bougeant la tête, la deuxième à contrôler cette réalité virtuelle avec des mouvements et la troisième à « engager des connections émotionnelles ». Bien entendu, elle est la seule à pouvoir prétendument proposer cette troisième étape grâce au suivi des pupilles (Fove, s.d.).

3.2.7. Samsung Gear VR

Développé par Samsung en partenariat avec Oculus VR (la société produisant l'Oculus Rift), le Samsung Gear VR est casque de type passif : il est en effet nécessaire de posséder un smartphone de la dernière génération des Samsung Galaxy pour l'utiliser, après avoir associé les deux appareils et placé le smartphone devant le casque (Danilewsky, 2015).

Concrètement, c'est l'écran du smartphone qui diffuse l'image, le casque se chargeant de lui donner une autre « apparence » grâce aux lentilles intégrées et à ses nombreux capteurs sans fil (magnétique, de proximité, gyromètre, etc.). Ces derniers permettent une précision bien plus accrue que si le casque utilisait uniquement ceux du smartphone, comme dans le cas du Cardboard de Google, détaillé ci-après. Il n'en demeure pas moins que la puissance de calcul est largement inférieure aux casques actifs, le smartphone ne pouvant s'aligner sur ce que peut offrir un ordinateur qui serait relié au casque (Durel, 2015).

Si Samsung a produit le casque en lui-même, c'est la société Oculus VR qui s'est chargée de développer des applications de réalité virtuelle, à télécharger directement sur l'Oculus Share, la boutique en ligne d'Oculus VR. Le Gear VR possède un pavé tactile, une touche retour et touche permettant de régler le volume. Sa lentille optique autorise un champ de vision de 96 degrés. Le smartphone peut même être rechargé pendant qu'il est en utilisation à l'intérieur du casque grâce au port microUSB intégré (Samsung, 2014).

Les deux premières versions, sorties respectivement en décembre 2014 et mars 2015, sont considérées comme des versions-tests. La première n'était compatible qu'avec un Samsung Galaxy Note 4, alors que la seconde ouvrait les portes de la réalité virtuelle aux possesseurs de Samsung Galaxy S6 et S6 edge (Oculus VR, 2015). La version finale a été lancée le 20 novembre 2015 et est, en plus des deux derniers modèles cités, également compatible avec le Samsung Galaxy S6 edge+ et avec le Samsung Galaxy Note 5 (Oculus VR, 2015).

3.3. Google Cardboard

Bien que faisant partie des casques de réalité virtuelle, Cardboard de Google est un système à lui seul. Ingénieux, simple et entièrement de type passif, il est à la portée de tous et jouera un rôle majeur dans le développement de la réalité virtuelle. C'est ce dispositif qui sera utilisé afin de développer le prototype basé sur le cas pratique de ce travail. Pour toutes ces raisons, nous avons choisi d'y consacrer un sous-chapitre à part entière.

Cardboard est un système de réalité virtuelle présenté en 2014 que Google définit comme « simple, ludique et économique » (Google, 2015). Il a pour but de « démocratiser la réalité virtuelle » en la rendant accessible à tout un chacun. En effet, contrairement à ses concurrents précités, Cardboard est une visionneuse fabriquée – comme son nom l'indique – en carton et est à ce titre très peu onéreuse. Cardboard n'embarque aucune technologie et fonctionne uniquement avec un smartphone. Il est même possible de fabriquer soi-même sa propre Cardboard à l'aide de carton, de verres, d'aimants, de velcro et d'un élastique. Par l'intermédiaire de ces matériaux correctement montés, un « simple » smartphone peut devenir un casque de réalité virtuelle et ouvrir les portes de nouveaux mondes. Il existe d'autres modèles « certifiés compatibles avec Google Cardboard » fabriqués par différentes entreprises, telles que Knox Labs, Zeiss ou Mattel.

La nouvelle visionneuse Cardboard a été présentée le 28 mai 2015 lors de la conférence Google I/O. Si les deux versions sont désormais compatibles avec iOS (ce qui n'était pas le cas lors du lancement de la première), la deuxième version a pour avantage d'accueillir également les smartphones disposant d'un grand écran (jusqu'à six pouces). Contrairement à celle de 2014, la nouvelle Cardboard n'est plus dotée d'un aimant latéral fonctionnant à

l'aide du magnétomètre (voir point 3.3.2), mais d'un nouveau bouton à actionner qui pressera l'écran de la même manière que si l'utilisateur était à l'origine de cette action. De plus, cette deuxième version possède des lentilles deux fois plus grandes que la première, procurant ainsi un sentiment d'immersion renforcé (Le Cardboard, 2015).



Figure 8 : Google Cardboard, première version
Source : <https://developers.google.com/cardboard/>

L'appareil est livré déjà assemblé, il ne faut que quelques minutes pour le monter, y ajouter le smartphone et embarquer dans un autre monde. Le placement du smartphone est très simple : une fois les velcros détachés, une image explique où le positionner. En refermant la partie détachée, il sera assuré de ne pas tomber et se retrouvera en position verticale, correctement placé devant les lentilles de la Cardboard (la distance officielle est de 40 millimètres, mais l'utilisateur n'a pas à s'en soucier).

En regardant tel quel l'écran du smartphone qui affiche une application prévue pour être vue avec Cardboard, l'on discerne deux images quasiment identiques côte à côte. Il s'agit là du principe de la stéréoscopie : en affichant deux images d'un même plan (l'une pour l'œil gauche, l'autre pour l'œil droit) légèrement décalées et à l'aide des lentilles présentes dans la Cardboard, le cerveau va les combiner et n'en voir qu'une seule avec un effet de

profondeur. Ce procédé est le même qu'utilisé au cinéma pour les films en 3D nécessitant le port de lunettes spéciales (Ducros, s.d.).



Figure 9 : exemple d'image stéréoscopique (l'image de droite est légèrement décalée par rapport à celle de gauche)

Source : <http://www.eonreality.com/eevr/>

À la fin du mois de janvier 2016, Google a annoncé avoir écoulé 5 millions de Cardboard à travers le monde. À cette même date, 25 millions d'applications compatibles avec Cardboard ont été téléchargées depuis Google Play, la boutique en ligne d'applications de la firme américaine (Bavor, 2016).

Afin de filmer du contenu qui pourra ensuite être visualisé via une Cardboard, Google a présenté en 2015 Odyssey, une plate-forme de réalisation de vidéos qui se compose de 16 caméras GoPro assemblées en cercle, 16 cartes micro SD pour enregistrer, 16 batteries et d'un microphone (Charnay, 2015). Grâce aux algorithmes de l'assembleur nommé Jump, ce ne sont pas 16 vidéos qui en ressortiront, mais une seule, stéréoscopique et donc adaptée à la réalité virtuelle vue en relief (Simon, 2015), la proximité des objets étant recrée par la faveur de la « stéréoscopie parfaite » (Google, 2015) résultant d'une légère différence entre l'affichage destiné à l'œil gauche et celui destiné à l'œil droit. En décembre 2015, Google va encore plus loin et lance sur Google Play l'application Cardboard Camera. Celle-ci offre la possibilité de prendre des photos à 360 degrés (de la même manière qu'un panorama) pour

pouvoir revivre plus tard ces moments via la Cardboard, comme par exemple des vacances passées en ayant l'impression d'y être à nouveau (Zhang, 2015). Il est même possible d'enregistrer les sons au moment où la photo a été prise afin de les ajouter à l'expérience Cardboard. Chacun est donc libre de choisir ce qu'il voudra voir en réalité virtuelle.

Étant donné que le cas pratique de ce travail sera développé sur Google Cardboard (première version), nous prendrons le temps dans les points suivants de développer certains points de ce casque de réalité virtuelle, en particulier les applications existantes et l'interaction entre le *device* et l'utilisateur. La partie technique et le développement sur Google Cardboard seront traités dans le chapitre 6.

3.3.1. Applications Google Cardboard

Parallèlement au lancement de sa visionneuse, Google a pris soin de lancer une application Cardboard officielle, disponible gratuitement sur Google Play et sur l'App Store d'Apple (Morin, 2015). Celle-ci regroupe différents contenus de réalité virtuelle, tels qu'un kaléidoscope, une visite virtuelle de plusieurs lieux et une exposition d'objets en 3D à admirer sous toutes les coutures à l'aide de la Cardboard. Étant donné que celle-ci dispose d'un petit sticker NFC⁸, l'application se lance automatiquement dès que le smartphone est inséré dans la visionneuse (pour autant que celui-ci dispose de la fonction NFC).

Il existe également des vidéos à 360 degrés visibles avec Google Cardboard : elles permettent de voir partout autour du plan filmé par la caméra en bougeant simplement la tête lorsque la Cardboard est portée. La plate-forme d'hébergement de vidéos en ligne YouTube propose d'ailleurs une catégorie spécifique (nommée « #360Video ») sur son portail ; les vidéos y sont également visibles sans Cardboard, mais la plupart d'entre elles affichent une icône représentant le casque VR lorsqu'elles sont lues depuis un téléphone portable. Une simple pression sur cette icône transforme la vidéo en un format adapté pour être visionnée avec une Cardboard, augmentant ainsi le sentiment d'immersion. Certaines de ces vidéos sont des vidéoclips ; l'un des premiers ayant lancé le concept étant le DJ

⁸ Near Field Communication, communication en champ rapproché. Il s'agit d'une technologie permettant notamment la communication instantanée entre deux appareils.

allemand Robin Schulz, qui promet une véritable « révolution musicale » (Robin Schulz in the ultimate 360° film experience, 2015) grâce à une application – dont la taille est de presque 400 Mo (!) – permettant de voir le monde à travers ses yeux durant l’un de ses clips musicaux.

Il existe par ailleurs plus de 1000 applications non officielles à tester avec une Cardboard. Il suffit pour cela de rechercher « VR » (pour *Virtual Reality*) dans l’App Store. Citons notamment Vrse - Virtual Reality ou Discovery VR, qui permettent toutes deux d’explorer des situations peu courantes, parfois scénarisées, au travers de vidéos à 360 degrés qui offrent un angle de vue complet en regardant tout simplement dans une direction différente (ou en orientant son smartphone sans utiliser de visionneuse). La seconde permet par exemple de se retrouver face à un troupeau d’éléphants ou face à un lion s’approchant de la caméra, ce qui crée un sentiment de peur chez l’utilisateur qui regarde cette vidéo avec sa visionneuse et aura tendance à bouger la tête afin d’éviter l’animal ou pour vérifier ce qui se passe « dans son dos ». Ces deux applications possèdent également du contenu non pas filmé, mais modélisé comme dans un jeu vidéo (il est ainsi possible de se retrouver dans l’espace et de vivre une expérience en tant qu’astronaute ou de devenir pilote d’hélicoptère le temps d’un instant), avec l’avantage, comme dans les autres vidéos, de pouvoir tourner la tête pour avoir un angle de vue différent.

Air Racer VR, Roller Coaster VR et Go Karts - VR sont d’autres applications, bien moins complètes et limitées à une seule situation, qui ont pour but de plonger l’utilisateur dans une situation modélisée qu’il peut observer à 360 degrés respectivement depuis un petit avion, une montagne russe ou un kart.

Enfin, quelques applications proposent des jeux en réalité virtuelle, comme par exemple Lamper VR où l’utilisateur n’est pas que spectateur puisqu’il doit diriger un insecte en bougeant la tête afin de le déplacer, Proton Pulse où il doit piloter une puissante boule d’énergie pour détruire une organisation criminelle, le jeu angoissant Chair In A Room ou le vertigineux Caaaaardboard! où il s’agit de sauter d’un immeuble à un autre.

Toutes ces applications n’ont pour but que le divertissement et aucune d’elles ne semble destinée à l’apprentissage en immersion virtuelle. Nous aurons l’occasion de présenter un

état de l'art des applications consacrées à l'apprentissage immersif dans le chapitre suivant (chapitre 4).

3.3.2. Interaction avec Google Cardboard

Nous évoquons les jeux dans le sous-chapitre précédent, ceux-ci se distinguant des autres vidéos par un point fondamental qui constitue l'un des principaux défis de la réalité virtuelle : l'interaction.

Force est en effet de constater que quasiment toutes les applications de réalité virtuelle testées sur Google Cardboard ont la même finalité : montrer une simple vidéo à l'utilisateur, la nouveauté résidant uniquement dans le fait que celui-ci peut choisir ce qu'il regarde en dirigeant sa tête à gauche, à droite, en haut ou en bas. Il n'y a dans ce sens pas d'interaction à proprement parler, puisque l'utilisateur ne peut entrer en contact ou changer le cours des choses de ce qu'il voit, si ce n'est en déplaçant un personnage de manière peu précise en même temps qu'il tourne la tête. Tout au plus peut-il regarder ailleurs pour éviter un objet, mais il ne pourra pas le saisir et s'en servir comme il le ferait dans la vie réelle.

Afin de pallier à ce manque d'interaction, il existe plusieurs solutions pour simuler une action de l'utilisateur.

D'une part, Google conseille aux développeurs de créer des boutons virtuels qui utilisent une minuterie : ce n'est qu'au bout d'un certain nombre de secondes après que l'utilisateur aura fixé de son regard l'un de ces boutons virtuels que celui-ci sera considéré comme déclenché et qu'une action relative à ce bouton sera lancée (Google, s.d.). Ces boutons sont appelés *fuse buttons* (Reilly, 2015).

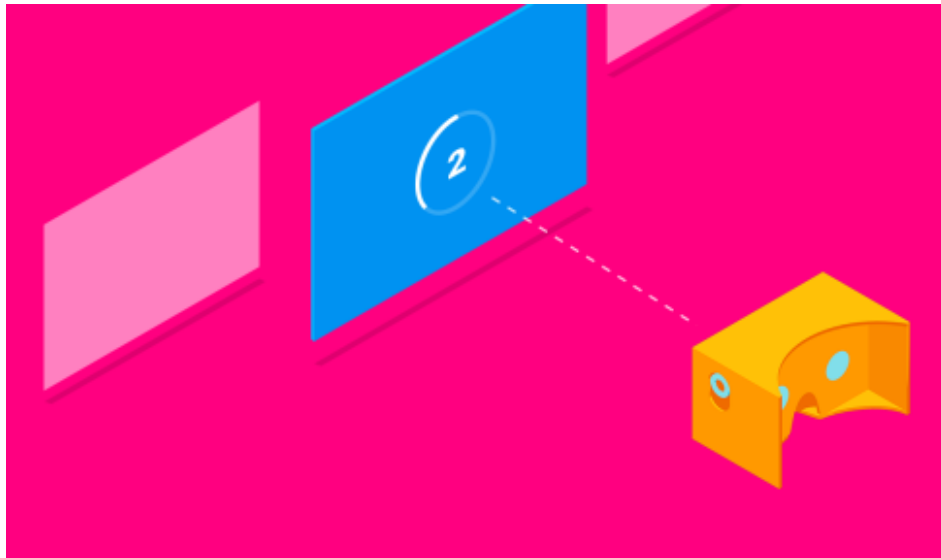


Figure 10 : schéma expliquant le principe d'un *fuse button*

Source : <https://www.google.com/design/spec-vr/interactive-patterns/controls.html>

« Viser » un bouton ou un objet pouvant se révéler souvent complexe, Google conseille aux programmeurs d'ajouter un petit symbole signalant où le regard est perçu dans l'application de réalité virtuelle, ce qui peut avoir pour conséquence une diminution du sentiment d'immersion. Il convient donc d'ajouter ce symbole uniquement lorsqu'un *fuse button* peut être activé. Quoi qu'il en soit, il n'est nullement pratique de naviguer dans une application en utilisant uniquement les mouvements de la tête.

D'autre part, l'interaction est rendue possible à l'aide de l'aimant (première version de Cardboard) ou du bouton (deuxième version) positionné sur le côté de la visionneuse Cardboard. L'aimant de la première version fait office de bouton lorsqu'on le tire vers le bas et, tout comme le bouton de la seconde version, remplace les fonctions tactiles inaccessibles pendant que le smartphone se trouve dans la visionneuse. Le fonctionnement de l'aimant, qui n'est pas directement lié au téléphone, est assez ingénieux : c'est grâce au magnétomètre, utilisé généralement comme boussole, que le smartphone détecte que l'aimant a été tiré vers le bas (Ripton, 2014). Il peut cependant arriver que certains smartphones ne détectent pas le mouvement de l'aimant, d'où son remplacement dès la deuxième version de Cardboard. Ce bouton ou cet aimant s'avèrent tout de même bien plus pratiques à utiliser que les boutons virtuels.

Enfin, l'interaction par la voix semble tout à fait réalisable du point de vue du programmeur et facile à utiliser pour l'utilisateur. En revanche, se posent les mêmes problèmes qu'avec les assistants vocaux comme Siri ou Cortana : difficulté de compréhension en raison de tournures de phrases trop compliquées ou d'accents, difficulté de traduction ou d'interprétation de la langue ainsi que, bien évidemment, un bruit environnant empêchant d'utiliser l'application dans certains endroits où le calme laisse à désirer. De plus, le fait que le microphone soit celui du smartphone qui se trouve à l'intérieur de la Cardboard rendra sans doute l'écoute plus compliquée.

S'il existe ou existera prochainement pour la plupart des casques VR des appareils appelés *haptic devices*, ce ne devrait pas être le cas pour Google Cardboard. Il s'agit là de « dispositifs tactiles » ressemblant à des gants qui permettent à l'utilisateur de toucher et de manipuler des objets qui n'existent que virtuellement. Les gants sont équipés de capteurs dans la paume de la main et au bout des doigts et laissent ainsi la sensation de pouvoir attraper et manipuler des objets. De plus, grâce aux capteurs de mesure d'inertie, ils peuvent enregistrer la vitesse, l'orientation et les forces de gravité afin de rendre l'expérience encore plus réaliste (Liffreing, 2015). Il n'existe cependant aucun type de *haptic devices* pour Google Cardboard et aucun n'est prévu à ce jour.

Par ailleurs, la possibilité de lier un casque VR au Leap Motion⁹ se développe petit à petit. Ce dernier est à placer directement sur le casque et permet de voir ses mains dans l'univers virtuel et donc d'interagir avec elles comme si elles en faisaient partie intégrante. Des premiers tests ont été effectués et, en ce qui concerne la Cardboard, un SDK pour Android est actuellement en cours de développement (Holz, 2014). Pour le casque VR de Google, nous noterons que survient un autre problème : Cardboard ne possédant pas de bande élastique à attacher autour de la tête, il est d'usage de le tenir en main pendant son utilisation, ce qui a pour conséquence de n'en laisser qu'une de libre.

⁹ Le Leap Motion est un petit boîtier offrant le contrôle d'un ordinateur par gestes des mains, sans contact physique avec un objet.

4. APPRENTISSAGE IMMERSIF

Avant de passer à la partie pratique de ce travail, il convient de définir le point central de celui-ci : l'apprentissage en immersion virtuelle ou comment apprendre quelque chose à l'aide de la réalité virtuelle. Une analyse de la situation actuelle et des tendances d'apprentissage immersif sera présentée, avant de procéder à un état de l'art de plusieurs applications existant dans ce domaine. À la fin de ce chapitre, le principe des *serious games* en réalité virtuelle sera exposé.

4.1. Situation actuelle et tendances

Comme nous l'avons vu auparavant, la réalité virtuelle est dévolue à un avenir plutôt orienté vers le divertissement, qu'il s'agisse de jeux vidéo ou de lecture de contenus vidéo. La réalité virtuelle pourrait pourtant devenir un nouveau moyen d'apprentissage, celle-ci faisant office de facteur de stimulation de la concentration. Les possibilités semblent multiples, une fois le domaine clairement ciblé et la question de l'interaction entre l'utilisateur et le contenu réglée. Apprendre une langue en s'exerçant à la parler face à des gens dans un monde virtuel est ainsi bien plus concret que de le faire seul face à un écran d'ordinateur. L'immersion agit en effet comme un « catalyseur de l'acte d'apprentissage » (Schmoll, Veit, Roy, & Capobianco, 2013).

Dans le domaine de l'apprentissage de l'histoire, la réalité virtuelle semble promise à un bel avenir, car il est désormais possible de virtuellement « revenir dans le temps pour visiter des bâtiments disparus tels que le phare d'Alexandrie ou encore pour marcher à côté de dinosaures géants » (Grève, 2015). La réalité virtuelle aurait ainsi tout à fait sa place dans les musées ou dans des salles de classes.

Google propose d'ailleurs un programme – « Expeditions Pioneer Program » – dont le but est de faire virtuellement visiter la planète à des élèves. Des équipes parcourent les écoles de plusieurs pays et proposent gratuitement à des professeurs d'emmener leurs élèves dans un voyage immersif en leur fournissant le matériel adéquat et en leur expliquant comment fonctionne Expeditions. Ce programme a été développé en collaboration avec des professeurs et de partenaires du monde entier. Il propose aujourd'hui plus de 100 voyages différents. Chacun de ces voyages présente des images panoramiques à 360 degrés que le

professeur de la classe peut gérer en utilisant une tablette, celui-ci guidant les élèves qui, eux, portent des Cardboard. La tablette affiche en parallèle des informations sur le lieu visité, informations que le professeur peut à sa guise lire à ses élèves pendant que ceux-ci sont libres de voyager virtuellement dans l'environnement à visiter (par exemple avancer, aller vers la gauche ou la droite, regarder en l'air, etc.). Les professeurs intéressés par Expeditions peuvent s'enregistrer directement sur le site Internet¹⁰ dédié à ce programme (Google, s.d.). En janvier 2016, plus de 500'000 élèves avaient déjà pris part à Expeditions (Bavor, 2016).

Outre ce programme, nous pourrions imaginer d'autres sujets de cours dans lesquels les étudiants apprendraient en se retrouvant, grâce à la réalité virtuelle, face à une situation qu'ils ne connaissent et ne maîtrisent pas encore. Cependant, lorsqu'il s'agit de classes composées de dizaines d'étudiants, les écoles ou universités se retrouvent confrontées à un éternel problème : celui du coût. L'achat de casques VR valant plusieurs centaines de dollars l'unité dépasse bien souvent le budget dont disposent les écoles. Dans ce sens, Google Cardboard (environ 20 dollars l'unité) semble la solution la plus économique et la plus accessible. Encore faut-il que chaque élève dispose d'un smartphone et puisse télécharger les applications que son professeur aura dû lui-même tester durant la préparation de son cours. Au-delà de ces cautions, Expeditions simplifie grandement la tâche des écoles et des professeurs.

Si nous évoquons le passé, la réalité virtuelle peut également nous faire voir l'avenir : soit au travers d'une vision futuriste d'un lieu, soit en plaçant l'utilisateur dans la peau d'une créature, comme par exemple une pieuvre qui assiste, impuissante, au phénomène d'acidification des océans et qui voit petit à petit son environnement de vie se détruire. Ce genre de visions sombres mais réalistes de l'avenir provoque un sentiment d'empathie chez le sujet, qui se sent davantage concerné étant donné qu'il est virtuellement une victime du réchauffement climatique provoqué par les humains de la même manière que le sujet dans la vie de tous les jours (Sussan, 2016). Le Virtual Human Interaction Lab (VHIL) de l'Université de Stanford a mené, outre celle des océans, d'autres expériences similaires. Dans l'une

¹⁰ <https://www.google.com/edu/expeditions/>

d'entre elles, les participants étaient invités à vivre dans la peau d'une vache. En incarnant l'animal et en voyant comment il vit, les participants pourraient significativement réduire leur consommation de viande (Berko, 2013). Dans un monde où la surconsommation d'informations a rendu les plus graves d'entre elles anodines, le fait de pouvoir non plus seulement montrer des simulations via des images, mais véritablement faire vivre celles-ci grâce à la réalité virtuelle, représente un très grand potentiel.

Pour de nombreux métiers, une simulation virtuelle pourrait être créée puis vécue par un apprenti du métier en question, sans prendre aucun risque. Nous évoquions précédemment le domaine de la santé avec l'exemple des médecins et des Google Glass ; la réalité virtuelle a tout autant d'avenir que la réalité augmentée dans ce domaine, avec l'avantage de pouvoir exercer à n'importe quel moment et n'importe où, sans danger apparent étant donné qu'il s'agit d'une simulation.

4.2. État de l'art

Il existe de nombreuses applications de réalité virtuelle permettant l'apprentissage de différentes choses, d'autant plus si nous partons du principe que vivre virtuellement une situation permet de mieux apprendre à la gérer en vrai. Après avoir essayé plusieurs d'entre elles, nous dressons ici un état de l'art de quelques applications d'apprentissage en immersion virtuelle parmi les plus intéressantes et les plus innovantes disponibles sur Google Play et fonctionnant avec Cardboard.

4.2.1. Nefertiti VR

L'application Nefertiti VR ne permet d'observer qu'un seul objet, mais pas des moindres : le buste de la reine Néfertiti, épouse du pharaon Akhenaton. Il s'agit d'une réplique modélisée du célèbre buste se trouvant au Neues Museum de Berlin. Il sied de rappeler que cette œuvre est l'une des plus copiées de l'Égypte antique et qu'elle est très étudiée dans les domaines de l'archéologie et de l'histoire de l'art (AFP, 2012).



Figure 11 : capture d'écran de l'application Nefertiti VR

Source : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.company.nefertitivr>

Cette application d'un autre genre rend possible l'apprentissage d'œuvres d'art. Grâce à la modélisation du buste de Néfertiti, chacun peut désormais l'observer sous tous les angles sans devoir se déplacer jusqu'à Berlin. De plus, le point de vue utilisé pour regarder cette copie virtuelle est nettement rapproché par rapport à la mesure dans laquelle il est possible de s'approcher de l'œuvre originale, enfermée dans un cube vitré au centre d'une pièce du musée. La version virtuelle est pour sa part exposée dans une pièce d'une pyramide égyptienne, rendant ainsi l'immersion au cœur de l'Égypte antique plus grande.

Il n'y a pas d'interaction dans Nefertiti VR. Seule la direction dans laquelle l'utilisateur regarde permet de faire le tour du buste. En regardant vers le bas, l'usager peut contempler l'œuvre comme s'il se trouvait au-dessus d'elle, alors qu'en regardant vers le haut, il peut la voir du dessous.

4.2.2. Chemistry VR - Cardboard

Chemistry VR propose d'apprendre la chimie de manière totalement interactive. Dans ce jeu de réalité virtuelle, l'utilisateur de l'application doit composer des molécules en recherchant des atomes dissimulés à différents endroits dans une ancienne maison (probablement celle du célèbre chimiste russe Dmitri Mendeleïev).

Un exemple concret : dans le premier niveau, un message avertit l'utilisateur qu'il lui faut de l'eau et du sel. Celui-ci part donc à la recherche des éléments d'hydrogène, d'oxygène, de chlorure et de sodium. S'il ne connaît pas la composition de l'eau ou du sel, il peut consulter le tableau de Mendeleïev, répertoriant tous les éléments chimiques. Une fois tous les atomes trouvés en quantité suffisante (deux atomes d'hydrogène et un d'oxygène pour former une molécule d'eau H_2O , plus un atome de chlorure et un de sodium pour former une molécule de sel de table $NaCl$ dans notre exemple), une porte de la maison est débloquée, donnant accès à un nouveau niveau. Le premier niveau est gratuit ; en revanche, l'application devient payante à partir du second niveau.

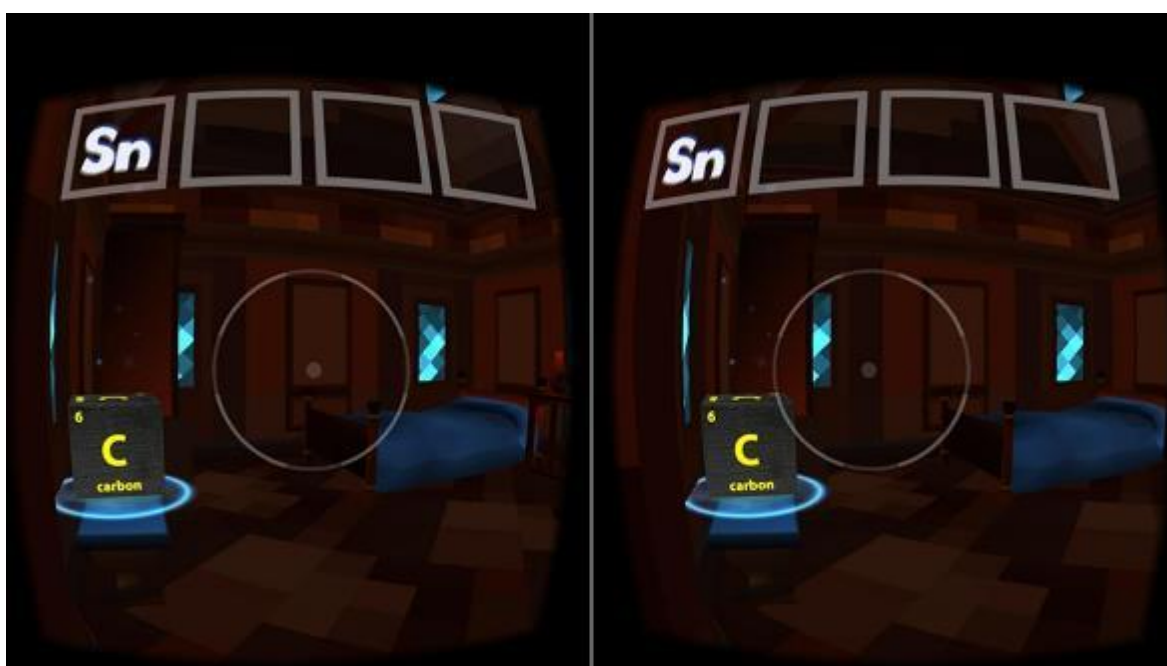


Figure 12 : capture d'écran en mode Cardboard de l'application Chemistry VR - Cardboard

Source : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arloopa.chemistryvr>

Pour se déplacer virtuellement dans la maison, le joueur utilise l'aimant latéral de la Cardboard et choisit la direction en regardant là où il veut aller. Lorsqu'il se trouve face à un élément chimique, il doit le regarder et actionner ce même aimant latéral pour le saisir. Chemistry VR fait donc appel à deux types d'interaction, les *fuse buttons* et le regard, et est un exemple parfait d'un jeu conçu pour la réalité virtuelle dans lequel une réelle interaction est requise de la part du joueur.

De plus, l'apprentissage est fortement mis en avant dans ce jeu. Une véritable réflexion et des connaissances dans le domaine de la chimie sont demandées au joueur pour reconstituer les molécules d'une manière originale et bien plus amusante qu'en apprenant le tableau périodique des éléments par cœur. Les personnes disposant d'une mémoire visuelle apprendront plus facilement avec cette application qu'en écoutant un cours de chimie.

Chemistry VR est un très bon exemple d'application d'apprentissage en immersion virtuelle sur Google Cardboard.

4.2.3. Space Explorer VR

Comme son nom l'indique, Space Explorer est une application de réalité virtuelle permettant d'explorer l'espace. Il ne s'agit cependant pas d'astronomie, étant donné que les développeurs ont choisi d'inventer un système stellaire composé de cinq planètes et six lunes et n'abritant aucune forme de vie.

L'utilisateur se trouve dans un vaisseau spatial et fait face à trois portes. Chacune des portes donne sur une rubrique différente, à savoir « options graphiques », « paramètres » et « poste de pilotage ». C'est en choisissant cette dernière que le jeu commence réellement et qu'il sera possible d'explorer ce système stellaire en pilotant le vaisseau spatial. Les commandes et les paramètres à configurer s'avèrent complexes, alors qu'il est essentiel de le faire pour pouvoir déplacer le vaisseau de la manière voulue.

Au final, Space Explorer VR n'est pas une application d'apprentissage, étant donné qu'il ne s'agit que de corps stellaires qui n'existent pas. Elle n'est pas utile en soi, du moins pas plus qu'un autre jeu vidéo de réalité virtuelle. Peut-être aurait-il fallu créer une application se basant sur notre système solaire afin de lui donner un côté éducatif et plus réaliste ?

4.2.4. Titans of Space® Cardboard VR

Suite aux conclusions tirées du jeu présenté au point précédent, nous avons recherché une application pour littéralement voler au travers de notre système solaire et en apprendre plus sur les planètes qui s'y trouvent. Titans of Space est exactement ce que nous cherchions : une visite guidée dans l'espace pour comparer les tailles des différentes planètes et lunes de notre système solaire (toutes réduites à un millionième de leur taille

réelle). Pour des raisons de jouabilité et pour rendre la comparaison plus simple, les distances qui les séparent ne sont pas à l'échelle.



Figure 13 : capture d'écran de l'application Titans of Space® Cardboard VR
Source : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.drashvr.titansofspacecb>

L'interaction n'est pas indispensable : la visite peut très bien se faire sans actionner l'aimant latéral de Cardboard, uniquement en regardant autour de soi. Néanmoins, en l'utilisant, la visite n'en sera que plus maniable et les détails de chaque planète ou lune pourront plus facilement être affichés. Il n'y a pas de but à atteindre dans Titans of Space, car il ne s'agit pas d'un jeu, mais d'une invitation à la découverte et à l'apprentissage du système solaire.

4.2.5. InCell VR (Cardboard)

Mélange d'un jeu de course, d'un jeu de stratégie et d'un jeu éducatif, InCell prend place à l'intérieur d'une cellule humaine. L'environnement a été soigneusement recréé pour être le plus réaliste possible.

Alors que le but du jeu est de sauver la cellule de la destruction, l'utilisateur sera amené à faire face à des virus et devra terminer en tête au terme de la course.

Si InCell apporte moins d'apprentissage que les applications précitées et oriente davantage le jeu sur le côté fun de la course, il n'en reste pas moins que nous sommes ici

dans un environnement par nature inconnu. Jouer à InCell plutôt qu'à un jeu de course standard ne fera donc qu'améliorer les connaissances en biologie du joueur.

4.3. *Serious game* en réalité virtuelle

Une application de réalité virtuelle dont le but principal est l'apprentissage d'une connaissance spécifique peut être développée sous la forme de *serious game* (ou jeu sérieux), à savoir une « application informatique dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, [...] des aspects sérieux [...] avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo » (Alvarez, 2007). Ce type de « jeu » permet un apprentissage bien moins formel qu'à l'accoutumée.

Lié à la réalité virtuelle, un *serious game* peut apporter un véritable atout supplémentaire en offrant ce qu'un simple jeu ne peut offrir : un environnement nouveau entourant le joueur. Ce dernier peut alors agir quasiment comme s'il se trouvait dans la même situation dans la vraie vie ; il y a là une véritable représentation du joueur qui n'a plus qu'à trouver ses repères pour contrôler ses mouvements et interagir avec le jeu. Le fait d'agir et de réagir directement à des événements virtuels et de vivre une situation « pour de faux » permet de mieux se préparer à vivre celle de la vraie vie. De même, cela aide à mémoriser davantage de détails qu'en apprenant des commandes, des gestes ou des informations uniquement par cœur.

Plusieurs études démontrent un effet positif d'une simulation de réalité virtuelle pour des savoirs requérant une présence physique dans un lieu donné. La réalité virtuelle améliore non seulement la compréhension et l'apprentissage effectif (Gutiérrez, et al., 2007), mais également la motivation et l'engagement dans le savoir de par son aspect ludique (d'où l'idée de créer l'immersion virtuelle sous forme de *serious game*) ou des compétences transversales telles que la coopération ou l'expérience de terrain (Giraudon, 2015). Pour cela, l'immersion virtuelle doit être la plus interactive possible sans être trop complexe.

Compte tenu de ces facteurs et en particulier de la nécessité d'un côté ludique pour engendrer davantage de motivation à apprendre, nous développerons dans la partie pratique de ce travail un *serious game*.

5. SCÉNARIO D'APPRENTISSAGE

Conformément à la donnée du travail de Bachelor, ce rapport s'accompagne d'un prototype de réalité virtuelle à développer. Il s'agira premièrement d'expliquer la donnée et de fournir des informations sur l'implémentation du cas pratique. Deuxièmement, ce scénario sera comparé à un prototype existant. Troisièmement, il sera décrit en détail.

Les détails concernant le développement de l'application et les aspects techniques seront définis dans le chapitre suivant (chapitre 6).

5.1. Donnée et réalisation

Le choix du sujet du cas pratique était entièrement libre, à la seule condition qu'il serve d'apprentissage et que la réalité virtuelle offre une véritable plus-value et ne se contente pas de refléter ce qui pourrait être réalisé sans elle. Après plusieurs heures de réflexion et différentes idées de cas pratiques abandonnées, notre choix s'est finalement porté sur une simulation d'apprentissage de conduite d'une voiture automatique.

Comme précisé dans la description du travail à fournir, le prototype a été réalisé sur Google Cardboard. Le principal avantage que nous pouvons retirer de ce choix est que le scénario n'utilise que la Cardboard comme outil physique (celle-ci devant bien entendu contenir un smartphone qui embarquera l'application créée sur un ordinateur) et ne nécessite aucune autre ressource. Il peut donc être testé dans n'importe quel lieu et à n'importe quel moment, pour un moindre coût.

Le prototype n'a pas été modélisé à la manière d'un jeu vidéo, mais tourné à l'aide d'une caméra filmant à 360 degrés. Les différentes séquences qu'il intègre ont été, sous notre direction et conformément aux instructions que nous transmettions, photographiées et enregistrées par le stagiaire spécialisé en montage vidéo de l'équipe de Cyberlearn, Vincent Praz. C'est lui qui s'est également chargé de travailler le contenu vidéo et d'intégrer la voix off, enregistrée par Céline Thurre-Millius de Cyberlearn, directement sur les différents rushes des vidéos. Les différentes interactions et les transitions qui en découlent ont ensuite pu être ajoutées aux images et aux vidéos, afin de suivre le scénario décrit plus bas.

5.2. Similarités avec un prototype existant

Au début de l'année 2015, Toyota a annoncé un partenariat avec Oculus afin de lancer un simulateur dont le but est d'apprendre aux jeunes les dangers que représentent les distractions durant la conduite (Smith, 2015). Ce programme, baptisé TeenDrive365, n'est pour l'heure disponible que dans des salons de l'automobile aux États-Unis et requiert de nombreuses ressources : une véritable voiture (qui restera stationnaire), un Oculus Rift, un casque audio, un ordinateur, une caméra et plusieurs capteurs (placés sur le volant, sur le levier de boîte de vitesses et dans l'habitacle) reliés aux deux derniers cités qui vont retranscrire les mouvements des utilisateurs. Cela offre des conditions quasiment réelles avec notamment un volant à manipuler qui va tourner de la même manière dans l'application de réalité virtuelle qu'il le fait en vrai et des pédales répondant aussi bien au véhicule présent dans l'Oculus qu'à la voiture physique. Ainsi, dans ce cas spécifique, seuls le paysage et le déplacement du véhicule seront 100% virtuels, le reste de la voiture existant autant réellement que virtuellement. Durant le trajet virtuel, plusieurs distractions interviendront : des piétons surgiront soudain sur la route, le passager (également virtuel) montrera au conducteur un message sur son smartphone, une autre voiture ne respectera pas la priorité ou le son de la radio ne sera pas bien réglé (Smith, 2015). Le but de ce simulateur n'est donc pas d'apprendre directement à conduire, mais plutôt de sensibiliser les jeunes et de leur donner une leçon afin qu'ils adoptent dans le futur une conduite sûre et responsable.

5.3. Détail du scénario

Avant de décrire précisément le scénario du cas pratique, nous prendrons le temps de commenter l'origine de l'idée ayant conduit à la réalisation de celui-ci, puis d'analyser les éléments pratiques qui en font partie, et enfin d'exposer comment il a été divisé en plusieurs niveaux de jeu.

5.3.1. Origine de l'idée

Contrairement au simulateur TeenDrive365 (voir point 5.2) qui s'axe principalement sur les distractions qui pourraient se produire pendant un trajet en voiture, le scénario du cas

pratique de ce travail traite de l'apprentissage de la conduite et de la connaissance du véhicule.

C'est en réfléchissant aux défis que la vie nous impose et à comment les simplifier qu'a surgi cette idée. Le permis de conduire constitue en effet une étape importante dans la vie d'une personne non domiciliée en ville.

Il n'est jamais évident de se retrouver face à des dizaines de commandes sans les connaître et sans savoir que faire. Pourtant, lorsque quelqu'un prend place pour la première fois derrière le volant d'une voiture, c'est exactement ce qu'il vit : assis dans le siège conducteur, il voit face à lui de nombreux boutons et outils qu'il ne connaît pas. Le cas pratique s'adresse ainsi essentiellement à des gens n'ayant encore jamais pris le volant, avec pour but de leur faire prendre confiance et d'être moins craintifs lorsqu'ils le feront pour la première fois grâce au fait d'avoir expérimenté quelque chose de similaire via cette application de réalité virtuelle. Il rend ainsi plus facile l'acclimatation à la place de conducteur. Le début du cas pratique constitue essentiellement une introduction au véhicule. Par la suite, les règles de circulation basiques sont expliquées, puis le sujet se retrouve confronté à des situations qu'un possesseur de permis de circulation se doit de savoir gérer.

5.3.2. Éléments intégrés au scénario

Le sujet lance l'application depuis l'écran du smartphone et place ce dernier dans la Google Cardboard. L'expérience commence alors : l'utilisateur se retrouve dans l'habitacle d'une voiture automatique et entend les instructions fournies par une voix off. Si, dans la plupart des jeux vidéo en réalité virtuelle, le personnage principal n'est pas visible à l'écran (jeux à la première personne), ce n'est pas le cas dans notre prototype, pour des raisons évidentes de tournage du cas pratique (il aurait en effet été compliqué de démarrer et de conduire une voiture sans personne derrière le volant).

Étant donné que l'interaction entre l'utilisateur et le véhicule virtuel est limitée et qu'il aurait été impossible de tester l'embrayage, le débrayage et les changements de vitesses sans aucun support physique, une voiture automatique a été préférée à une voiture manuelle dans ce cas pratique.

Les dispositifs suivants d'un véhicule automatique font partie intégrante du cas pratique et seront visibles en tout temps par le sujet :

- Emplacement/clé pour démarrer le véhicule
- Volant
- Ceinture de sécurité
- Levier de boîte de vitesses (quatre positions possibles : P, R, N, D)
- Trois rétroviseurs (gauche, centre, droite)

5.3.3. Types d'interaction

Comme évoqué au point 3.3.2 de ce travail, il peut exister au sein d'une application destinée à la Cardboard trois principaux types d'interaction : les *fuse buttons*, le contrôle par la voix et l'actionnement du bouton-aimant se situant sur le côté gauche de la Cardboard.

Afin de rendre l'application plus intéressante et variée pour l'utilisateur, ces trois sortes d'interactions sont utilisées dans le scénario. Lorsque différents types de commandes font partie de la même application, il est d'usage d'établir un certain nombre de règles afin que l'utilisateur ne se sente pas perdu et puisse associer que « telle commande » égale « telle action à effectuer ». Ainsi, dans ce cas pratique, nous avons défini de la manière suivante quelles sont les actions qui découlent de chacune des interactions :

- actionnement de l'aimant latéral : changer de vitesse à l'aide du levier de boîte de vitesses
- commandes vocales : déclencher une action qui engendrera un mouvement et aura une incidence majeure sur le scénario / répondre à une question oralement
- fixation sur un élément : action ciblant un objet précis

Ces choix ne sont pas anodins : dans une voiture automatique, changer de vitesse via le sélecteur de vitesses requiert un mouvement du bras vers le haut ou vers le bas et s'apparente dans ce sens plus à tirer un bouton (l'aimant de la Cardboard) vers le bas qu'à poser longuement son regard sur un élément. De même, les commandes vocales qui

engendrent un mouvement donnent une sensation de pouvoir à l'utilisateur, qui ressentira une certaine satisfaction à ce que ses ordres soient respectés : il aura ainsi tendance à les exprimer de manière claire et distincte. Une commande vocale pour une simple action telle que regarder derrière n'aurait pas la même logique et le même effet escompté qu'une commande forte dégageant une véritable action. Au contraire, porter son regard sur un objet précis et s'y attarder témoigne du sens du détail nécessaire à des actions précises requises par les *fuse buttons*.

5.3.4. Division du scénario en niveaux de jeu

Le prototype a été créé sur la base d'un *serious game* : dans le but de lui donner un côté ludique et afin de créer une progression échelonnée sur toute la durée du jeu, il a été divisé en plusieurs niveaux. Il est possible de passer à un niveau supérieur uniquement après avoir validé le niveau actuel en respectant les instructions fournies.

Le découpage entre les niveaux s'est fait d'une manière logique, chacun d'entre eux concernant un cas particulier. Bien que le détail de chaque niveau soit exposé plus tard, nous pouvons résumer ainsi chacun d'entre eux :

- Niveau 1 : introduction à l'environnement et démarrage du véhicule
- Niveau 2 : marche arrière, sortie d'une place de parking et marche avant
- Niveau 3 : feu de circulation et respect de celui-ci
- Niveau 4 : panneau STOP et direction à choix
- Niveau 5 : test d'attention et limite de vitesse
- Niveau 6 : parage et arrêt du véhicule

Dans un premier temps, seuls les deux premiers niveaux ont été implémentés afin de pouvoir tester tous les types d'interaction et de se concentrer sur l'essentiel. La suite (niveaux trois à six) reprend les mêmes interactions, mais ajoute plusieurs nouveautés, notamment l'échec du niveau qui pourrait intervenir si le sujet venait à ne pas respecter les instructions.

5.3.5. Description du scénario

Au début du jeu, le véhicule est stationné dans une place de parking, de sorte qu'il est impossible de sortir en marche avant. Le sélecteur de vitesses se trouve en position P. Tous les éléments décrits au point 5.3.2 sont visibles et le sujet a tout le loisir de regarder autour de lui afin de les localiser (voir figure 14).

Une information s'affiche par-dessus l'image, signalant au sujet qu'il s'agit du premier niveau. Ce dernier consiste principalement en une introduction à l'environnement à l'aide d'une description de l'habitacle de la voiture et de diverses instructions fournies oralement. Le texte suivant sera retransmis en voix off, alors que se lance la vidéo *01_45_secondes_intro_injected.mp4* :

« Bonjour et bienvenue dans cette application d'apprentissage à la conduite.

Vous allez maintenant être sensibilisé aux différents dispositifs du véhicule que vous pouvez observer autour de vous. Ouvrez bien vos oreilles et grand vos yeux. L'interrupteur de démarrage et l'emplacement pour insérer la clé se trouvent à droite du volant. Le volant avec lequel vous allez pouvoir tourner à gauche ou droite se situe devant vous. Trois miroirs appelés rétroviseurs sont à votre disposition : un à votre gauche et un à votre droite en dehors de la voiture, ainsi qu'un en haut au centre à l'intérieur de la voiture. Ce sont des éléments importants, car avant de tourner, vous devez bien vérifier qu'il n'y a pas un vélo ou un cyclomoteur qui essayerait de vous dépasser et que vous risqueriez de collisionner. »



Figure 14 : extrait du cas pratique enregistré par une caméra filmant à 360 degrés

Source : séquence filmée par Vincent Praz

S'ensuit automatiquement une image fixe pendant une trentaine de secondes (02_ceinture_injected.mp4) durant laquelle la voix off donne une première instruction :

« Commencez par attacher votre ceinture de sécurité en mimant le mouvement à l'aide de votre bras droit, depuis votre épaule gauche vers votre hanche droite, et ordonnez à Cardboard d'attacher votre ceinture en prononçant le mot belt ».

Le smartphone écoute alors et attend le mot-clé que le sujet doit prononcer. À chaque fois qu'une commande vocale est en attente et si la reconnaissance vocale n'a pas été en mesure de reconnaître le son attendu au bout d'un laps de temps de dix secondes, l'instruction est répétée (ici : *« attachez votre ceinture en prononçant le mot belt »*, 02_Instruction_ceinture_repetee_injected.mp4). Au bout de quinze nouvelles secondes suit une nouvelle répétition. Finalement, quinze secondes plus tard, la voix off avertit l'utilisateur qu'il pourra presser le bouton latéral de la Cardboard pour remplacer l'instruction vocale.

Une fois l'interaction accomplie, la voix off annonce, par-dessus la vidéo 02_Video_ceinture_injected.mp4 :

« Ceinture de sécurité attachée. »

Puis elle continue d'expliquer l'environnement (03_BoiteAvitesse_injected.mp4) :

« En bas entre les deux sièges se trouve le levier de boîte à vitesses qui indique différentes positions, soit P (parking), R (marche arrière), N (neutre) et D (conduite). Vous êtes maintenant prêt à démarrer. Concentrez votre regard sur la clé qui se trouve dans l'interrupteur de démarrage du véhicule durant plusieurs secondes pour commencer votre voyage. »

Cette dernière action fait appel aux *fuse buttons* : lorsque l'utilisateur fixe un élément pouvant être déclenché, un compte à rebours s'active et ce n'est qu'au bout de trois secondes sans détourner le regard du bouton que l'action est validée. Si l'utilisateur n'entreprend aucune action dans les quinze secondes qui suivent l'instruction, la phrase suivante est répétée (03_Intruction_cle_repetee_injected.mp4) :

« Vous ne trouvez pas la clé ? Elle se trouve à droite du volant. Fixez-la pendant plusieurs secondes sans bouger pour démarrer. »

Une fois le bouton validé, le véhicule virtuel démarre (la vidéo 04_Demarrage_injected.mp4 est lancée et la voix off informe : « Véhicule démarré. ») et un label indique visuellement au sujet qu'il passe désormais au second niveau.

Le but de cette deuxième étape sera de sortir de la place de parking où le véhicule est actuellement stationné. La voix off énonce alors (05_sortieparking_image_injected.mp4) :

« Pour éloigner votre véhicule et pouvoir rouler, il va tout d'abord falloir reculer. Pour effectuer une marche arrière, commencez par vérifier que personne ni aucun objet ne se trouve derrière votre véhicule. Jetez un coup d'œil dans vos trois rétroviseurs, puis tournez-vous et fixez la vitre arrière pendant plusieurs secondes afin d'activer le bouton numérique. »

A nouveau un *fuse button* se déclenche selon les mêmes conditions que les autres. L'instruction « *fixez la vitre arrière pendant plusieurs secondes* » sera répétée (05_Instruction sortie de parking_repetee-_injected.mp4) si rien n'est fait au bout de quinze secondes.

Le scénario peut continuer (06_Marchearriere_image_injected.mp4) :

« La voie est libre. Pressez la pédale de frein, mettez le levier de boîte de vitesses en position R et relâchez la pédale. Pour placer le sélecteur de vitesses en position R, actionnez l'aimant latéral de Google Cardboard. »

Une fois l'aimant pressé, le véhicule change de vitesse et recule jusqu'à être en mesure de prendre la route (06_Marchearriere_video_injected.mp4). Le sujet entend alors (07_Position D_injected.mp4) :

« À présent, pressez la pédale de frein et passez en position D afin de permettre la marche avant. Il suffira de relâcher la pédale pour que le véhicule avance et d'appuyer sur la pédale d'accélération pour aller plus vite. Pour placer le sélecteur de vitesses en position D, actionnez le bouton latéral de Google Cardboard. »

Dès que l'interaction a été réalisée, c'est-à-dire dès que l'aimant latéral de Cardboard a été tiré vers le bas, la voiture avance (08_Marcheavant_injected.mp4) et le niveau deux est terminé.

Compte tenu de la relative longueur du cas pratique déjà décrit jusqu'ici et surtout de tous les défis auxquels nous allons devoir faire face lors du développement, notamment pour le passage d'une vidéo à une autre et pour gérer les différents types d'interactions, nous développerons pour le moment un prototype le plus fonctionnel possible avec ces deux premiers niveaux.

La suite du cas pratique tel que définie initialement, à savoir les niveaux trois à six (qui reprennent les mêmes types d'interactions sur la route, avec toutefois des éléments visuels nouveaux), peut être consultée en annexe (annexe II).

6. PROTOTYPE

Dans ce chapitre, nous expliquerons comment le cas pratique décrit au point précédent (5.3.5) peut être implémenté sur Google Cardboard. Le but est d'avoir un prototype de réalité virtuelle concret, fonctionnel et respectant au maximum le scénario d'apprentissage. Nous commencerons par détailler l'environnement de développement avant d'indiquer la marche à suivre afin d'installer les composantes nécessaires à la réalisation de ce prototype. Le point principal, le développement, sera ensuite exposé et commenté ; puis nous terminerons en présentant un bilan final de l'application créée.

6.1. Environnement de développement

Avant de commencer à développer, il convient de se demander comment et avec quel logiciel le faire. Il existe en effet de nombreux environnements de développement intégré (IDE) permettant de créer des applications Android (dans la mesure où la donnée requiert de développer une application pour ce système d'exploitation) : Android Studio, Eclipse, IntelliJ IDEA, etc.

Étant donné que nous sommes ici face à un cas particulier – développer pour Google Cardboard – il est logique de tout d'abord se renseigner sur le site Internet officiel du *device*¹¹ pour suivre les guides de démarrage destinés aux développeurs.

Google explique sur son site qu'il existe deux SDK différents pour développer sur Cardboard : le premier est un SDK Cardboard pour Android, le deuxième un SDK Cardboard pour Unity (Google, 2015).

Nous détaillerons ces deux kits de développement et leurs IDE respectifs dans les points suivants.

¹¹ <https://developers.google.com/cardboard/overview>

6.1.1. Android Studio

Dans un premier temps, nous avons téléchargé Android Studio. Il s'agit de l'environnement de développement intégré le plus courant, il s'agit de surcroît de celui que Google recommande pour le développement d'applications Android. Comme tout IDE récent, il aide au développement grâce au système d'auto-complétion, d'une hiérarchie de projet, de différentes couleurs selon le type de variables, de documentation ainsi que d'autres fonctionnalités fort utiles.

Nous nous sommes très vite retrouvés confrontés à un problème : contrairement au développement d'applications Android « classiques », nous avons ici besoin d'une interface visuelle bien plus poussée pour y importer des vidéos à 360 degrés et ajouter des interactions à celles-ci. Un simple aperçu du design de l'application tel que celui proposé par Android Studio ne suffit pas. Même si Google explique de manière succincte dans un tutoriel basique comment développer pour Cardboard sur Android Studio, nous nous rendons vite compte que nous manquons d'éléments théoriques et pratiques pour créer des objets en trois dimensions en Java¹² ou pour importer et lire des vidéos dans Android Studio.

Nous décidons donc de changer d'environnement de développement et de tester celui destiné aux créateurs de jeux vidéo et d'applications à contenu visuel pour lequel Google propose également un SDK : Unity 3D.

6.1.2. Unity 3D

Unity 3D (communément appelé Unity) est une plate-forme de développement pour la création de jeux et d'expériences interactives en 3D et en 2D (Unity - Game engine, tools and multiplatform, 2015). Ce moteur de jeu est souvent utilisé pour la réalisation de jeux vidéo par des professionnels. Le SDK Cardboard qui lui est destiné permet ainsi d'adapter une application Unity 3D existante pour la réalité virtuelle ou de créer, en partant de rien, une expérience de réalité virtuelle à l'aide de cette plate-forme. Grâce à lui, les applications, qui

¹² Java est un langage de programmation. Servant souvent de premier langage aux apprenants développeurs, il est le langage de base pour la création d'applications Android.

peuvent afficher du contenu en 3D avec rendu binoculaire, sont capables de réagir aux mouvements de la tête et de les enregistrer. De plus, le SDK adapte automatiquement l'application aux caractéristiques physiques de Cardboard, inclut la configuration stéréo automatique pour le modèle de Cardboard défini et corrige la distorsion par rapport aux lentilles intégrées (Google, 2015).



Figure 15 : logo d'Unity

Source : <http://www.socialcubix.com/wp-content/uploads/portfolio/derby/unity-logo.png>

6.2. Installation des composants

Avant de commencer, il est bien sûr essentiel d'avoir Java ainsi que le JDK (soit le SDK pour développer en Java) préalablement installés sur son ordinateur. Sans cela, il sera impossible de procéder à l'installation du SDK Android.

Depuis la page de téléchargement pour développeurs Android¹³, il est possible de télécharger soit l'environnement Android Studio complet, soit uniquement le SDK (appelé à cette occasion *stand-alone SDK tools*). Ce dernier est suffisant pour notre cas, étant donné que nous avons fait le choix de ne pas travailler sur Android Studio, mais sur Unity. Une fois le téléchargement et l'installation terminés, le SDK Manager se lance automatiquement (pour autant que la case à cocher n'ait pas été désactivée).

Depuis l'Android SDK Manager, il est nécessaire de sélectionner et d'installer au minimum les éléments suivants :

- Android SDK Tools

¹³ <http://developer.android.com/sdk/installing/index.html>

- Android SDK Platform-tools
- Android SDK Build-tools (de la dernière version)
- SDK Platform de la version d'Android désirée

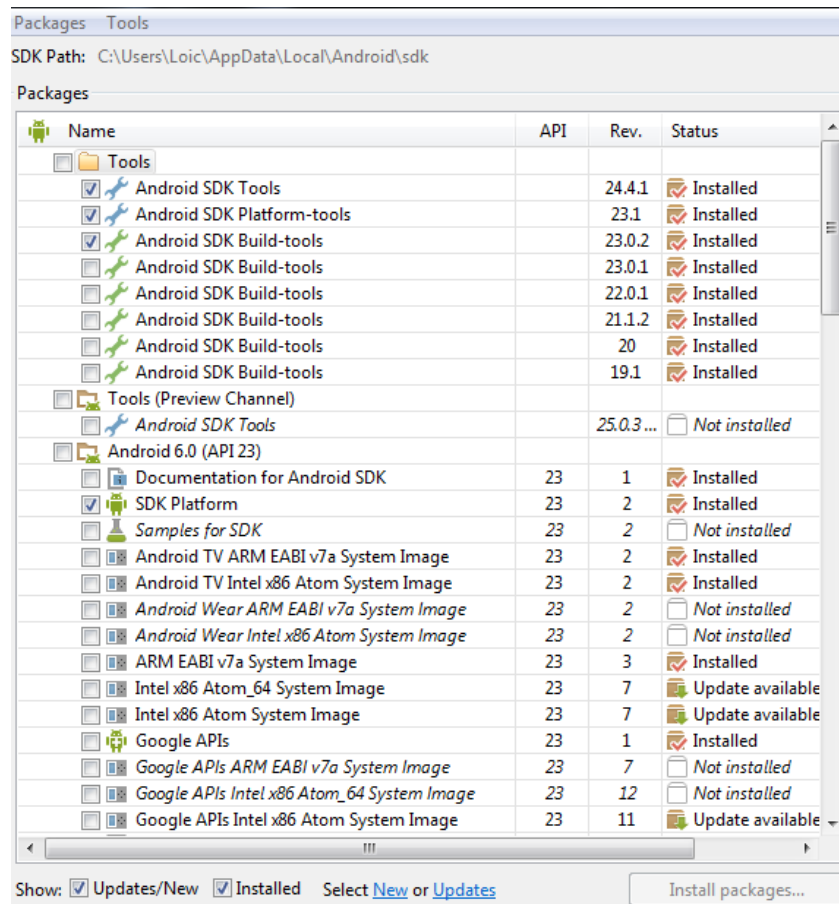


Figure 16 : Android SDK Manager
Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

Passons maintenant au téléchargement d'Unity. Actuellement en version 5.3, le logiciel est disponible en deux éditions : personnelle (gratuite) et professionnelle (à partir de 75 dollars par mois). Nous opterons pour notre part pour l'édition personnelle, dont les fonctionnalités principales sont les mêmes que celles de la version professionnelle. Unity 5

est à télécharger directement depuis le site officiel d'Unity¹⁴, puis à installer simplement en suivant les étapes les unes après les autres.

Enfin, il convient de télécharger le SDK Cardboard pour Unity. Le fichier avec l'extension .unitypackage¹⁵ peut directement être téléchargé et ne nécessite aucune installation, puisqu'il ne sera importé dans le projet que plus tardivement.

Une fois tous les composants installés, nous pouvons lancer Unity et créer un nouveau projet 3D :

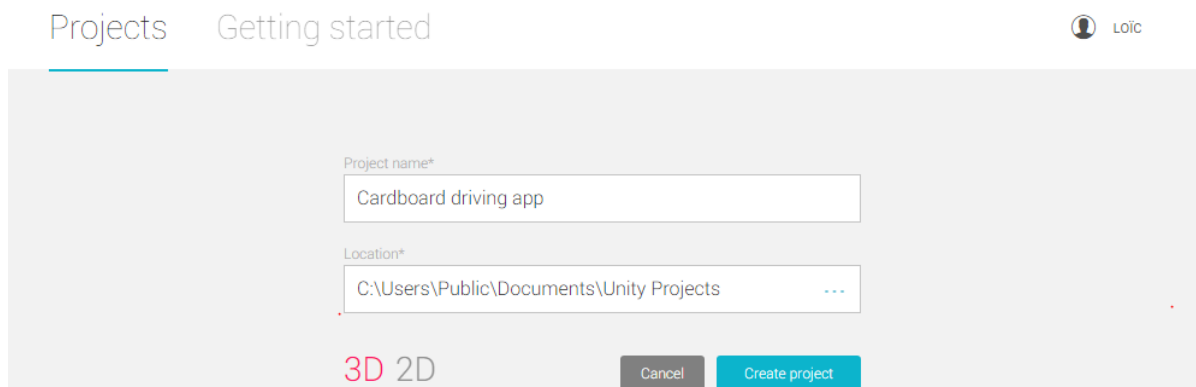


Figure 17 : fenêtre de création d'un nouveau projet Unity

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

6.3. Développement

Dans le but de détailler au maximum les principaux points du développement de notre prototype sur Google Cardboard, nous montrerons en premier lieu comment importer le SDK Cardboard pour Unity. En deuxième lieu, nous détaillerons le mode d'importation des vidéos à 360 degrés dans Unity. En troisième lieu, nous expliquerons comment changer de scène (et donc de vidéo) dans Unity. Enfin, en dernier lieu, nous exposerons comment chaque type d'interaction précédemment défini peut (ou ne peut pas) être ajouté à un projet Cardboard, à savoir pour notre cas pratique les *fuse buttons*, une interaction découlant de l'action de l'aimant latéral de Cardboard et le contrôle par la voix.

¹⁴ <https://unity3d.com/get-unity>

¹⁵ <https://github.com/googlesamples/cardboard-unity/blob/master/CardboardSDKForUnity.unitypackage?raw=true>

6.3.1. Importation du SDK Cardboard pour Unity

La première étape est d'importer le SDK Cardboard pour Unity téléchargé précédemment. Pour cela, dans le menu, nous choisissons *Assets > Import Package > Custom Package...* et sélectionnons le fichier *CardboardSDKForUnity.unpackage*, tout en confirmant à l'aide du bouton *Import*.

Dans l'explorateur de projet (au bas de l'écran), un dossier Cardboard est désormais apparu parmi les assets¹⁶. Une fois ouvert, nous constatons qu'il est composé de six sous-dossiers, dont un appelé *Prefabs*. Dans ce dernier se trouve un fichier nommé *CardboardMain.prefab*. Il faut alors le glisser-déposer dans la hiérarchie (menu latéral sur la gauche) pour qu'Unity affiche les éléments à la manière de Cardboard, à savoir avec deux angles de vue similaires (un pour l'œil gauche et un pour l'œil droit). Le sous-dossier *CardboardMain/Head/Main Camera* affiche d'ailleurs ces deux caméras. L'ancienne *Main Camera*, à la racine du projet, peut désormais être supprimée.

L'environnement de travail affiché correspondra désormais à ceci :

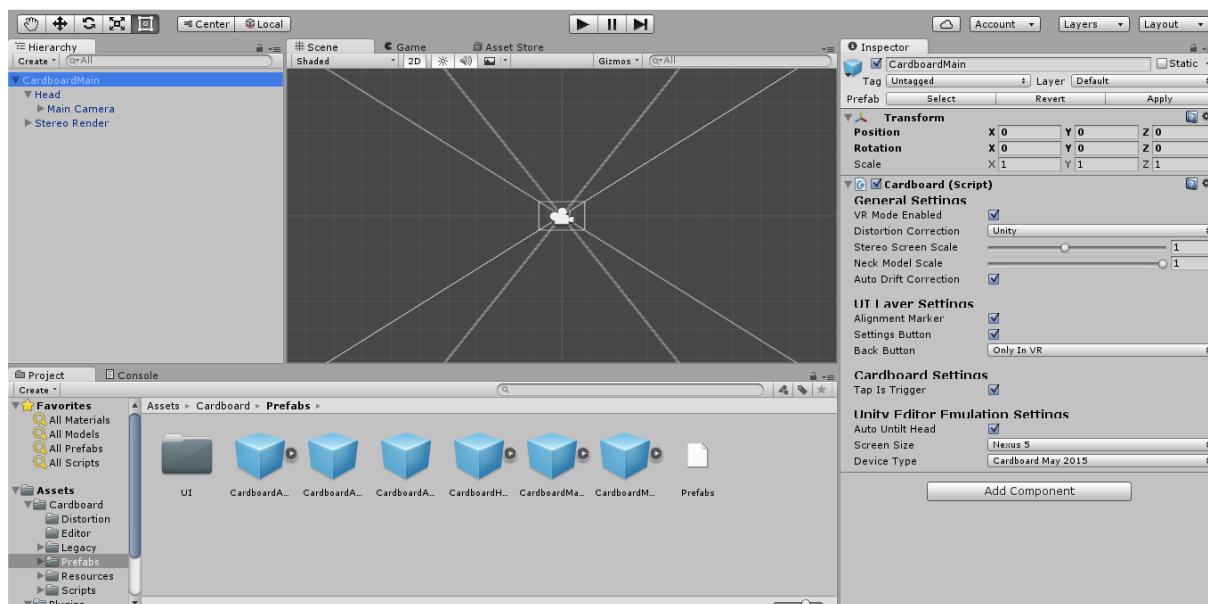


Figure 18 : environnement de travail Unity configuré pour Cardboard

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

¹⁶ Les assets sont toutes les ressources audio, vidéo, fichiers de code et autres composantes du projet.

Il est possible d'ajouter toutes sortes d'éléments visuels en trois dimensions à notre application pour Cardboard. Néanmoins et puisque nous ne créerons pas d'arrière-plan, de fond, de sol ou d'objets 3D pour implémenter notre cas pratique, ce dont nous avons besoin un premier lieu, c'est d'importer notre première vidéo à 360 degrés.

6.3.2. Importation de vidéos à 360 degrés

L'un des aspects fondamentaux et *a priori* simple à implémenter s'est finalement révélé l'un des plus compliqués : importer une vidéo à 360 degrés et faire en sorte que celle-ci soit entièrement visible dans une application mobile de réalité virtuelle optimisée pour Cardboard, avec bien sûr la possibilité pour l'utilisateur de regarder autour de lui pour ne voir que la vidéo et aucun autre élément.

En effet, les problèmes suivants sont survenus :

- premièrement, l'importation de vidéos dans un projet Unity n'est possible qu'avec la version professionnelle du logiciel
- deuxièmement, la technique couramment utilisée pour lire des fichiers vidéo dans Unity, *MovieTexture*, ne fonctionne pas pour un déploiement mobile, mais uniquement pour un logiciel/jeu visant les plates-formes PC ou Mac (il existe cependant depuis peu la fonction *Handheld.PlayFullScreenMovie()* permettant de contourner ce problème)
- troisièmement, même la version professionnelle d'Unity ne permet pas de travailler avec des vidéos à 360 degrés.

Pour pallier à ces différents soucis, nous avons opté pour un plugin disponible au téléchargement sur l'Asset Store (la boutique d'assets d'Unity) : Easy Movie Texture¹⁷. Ce dernier ne nécessite pas la version professionnelle (pour autant que la version 5 ou plus récente d'Unity soit installée) et peut gérer les vidéos à 360 degrés visant à être déployées sur Android ou, dans une moindre mesure, sur iOS.

¹⁷ Lien de téléchargement : <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/10032> (prix actuel : 55\$)

Dans le but de représenter une vidéo à 360 degrés dans Unity, il ne suffit pas de l'importer dans le projet (attention à ne pas mettre d'accents ou de caractères spéciaux dans le nom du fichier !) et d'espérer qu'elle se lance automatiquement. En effet, afin de représenter cette impression d'immersion au cœur d'un environnement entourant le sujet, il est nécessaire de travailler avec une sphère, un objet tridimensionnel dont tous les points sont situés à équidistance d'un point central. La vidéo sera projetée sur la surface interne de la sphère (ce qui n'est possible qu'avec le plugin précédemment nommé), alors que le point central de celle-ci représentera le sujet. La distance entre ce dernier et la sphère étant toujours la même, il aura tout loisir de regarder partout autour de lui en ayant l'impression d'être dans un autre monde très réaliste, sans se douter qu'il se trouve en fait au centre d'une sphère virtuelle dont les parois internes projettent ce qu'il voit.

Une fois la sphère (objet Sphere) créée et la vidéo à 360 degrés importée dans le projet puis projetée sur les parois internes de la première nommée, il est nécessaire de placer l'objet *Main Camera* du SDK Cardboard au centre exact de celle-ci. Cet objet représente effectivement le point de vue de l'utilisateur et s'occupe d'afficher la vue en « mode réalité virtuelle », c'est-à-dire en doublant l'écran avec un léger décalage entre chaque image destinée à chaque œil, donnant ainsi une impression de stéréoscopie.

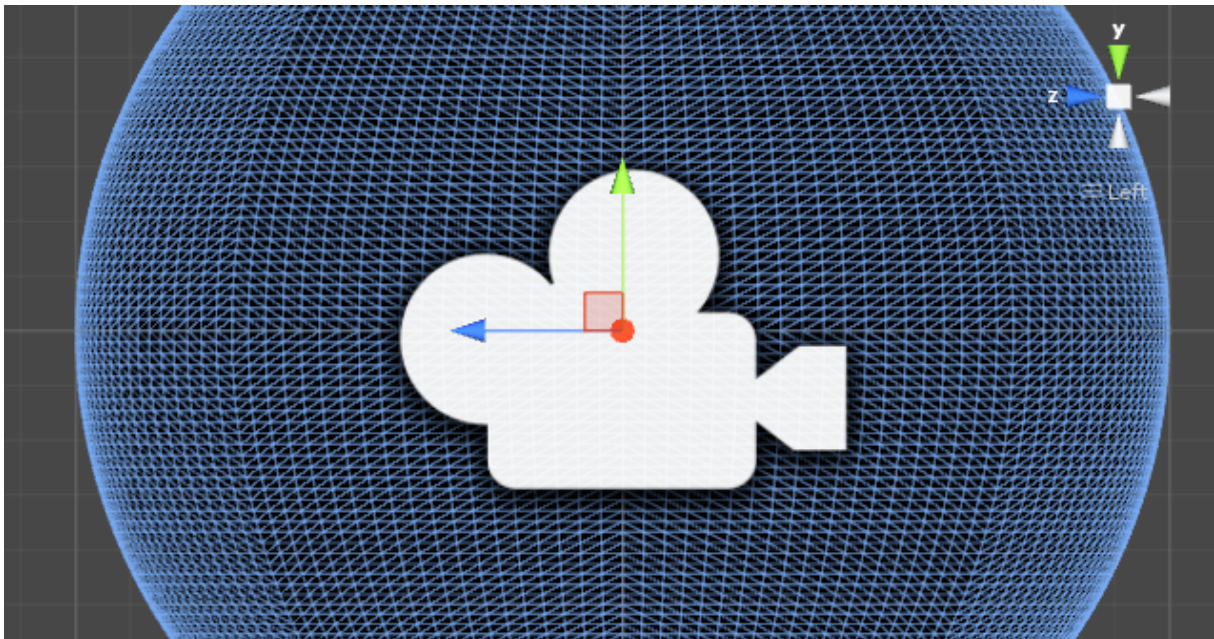


Figure 19 : objet *Main Camera* se situant au cœur d'un objet Sphere

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

Bien que visible depuis un smartphone Android en mode réalité virtuelle pour Cardboard – ce qui est le but final – notre vidéo à 360 degrés ne peut pas directement être lue avec le bouton de lecture d'Unity. Il faut en effet à chaque fois déployer l'application sur le smartphone Android (voir point 6.3.7) pour constater les changements effectués dans le projet. Ceci nous posera un problème majeur au regard de notre cas pratique (voir point 6.3.4).

Enfin, il est possible que la vidéo soit inversée lors de la lecture de celle-ci sur le smartphone. Dans notre exemple, cela avait pour désavantage de donner l'impression que le conducteur et le volant se trouvaient à droite, comme dans une voiture anglaise. Afin de pallier à ce problème, il a fallu retourner horizontalement chaque vidéo avant de l'importer successivement dans Unity 3D.

6.3.3. Changements de scènes

Dès lors que nous savons comment importer une vidéo et la jouer en mode Cardboard, il s'agit de savoir passer de l'une à l'autre (notre cas pratique est constitué de 13 vidéos ou images accompagnées de la voix off). Pour cela, nous travaillerons à l'aide de scènes. Une scène est constituée de tous les éléments visuels présents dans la hiérarchie du projet ; dans notre cas *Main Camera* et *Sphere*. Les assets ne sont cependant pas rattachés à une scène, mais au projet dans son ensemble.

En dupliquant la première scène de sorte à en créer une seconde, nous obtiendrons exactement les mêmes éléments. Notre caméra pour Cardboard et notre sphère seront donc déjà entièrement créées comme dans la première scène ; il faudra ainsi pour chaque nouvelle scène changer le nom de la vidéo à lire et gérer le changement de scène selon le type d'interaction. De plus, avant le déploiement, dans le menu *File/Build Settings*, il est nécessaire d'ajouter toutes les scènes qui seront intégrées à l'application finale, comme détaillé sur la figure suivante :

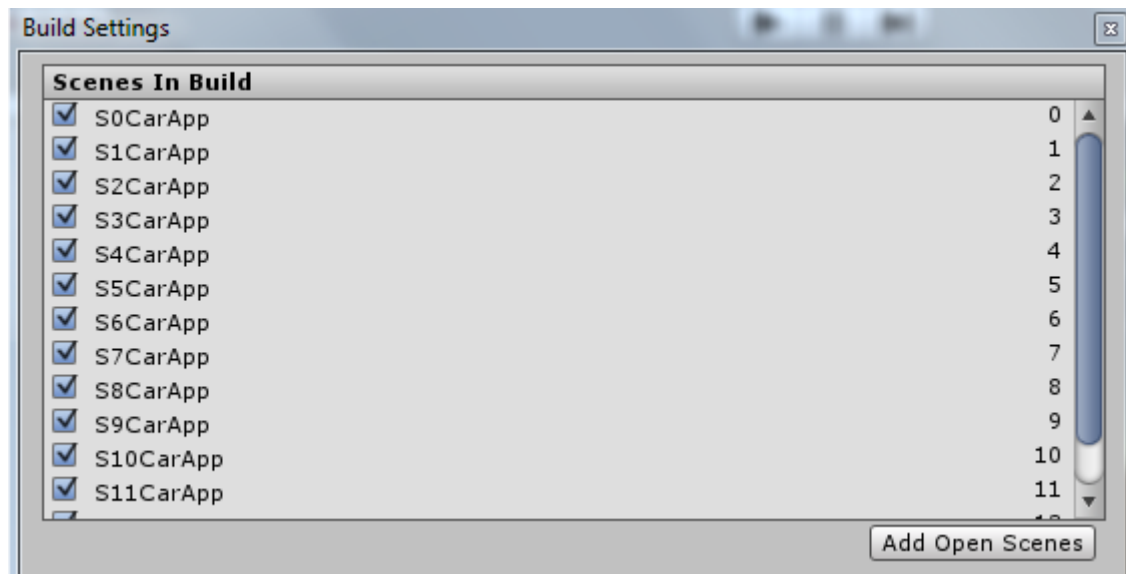


Figure 20 : obligation d'ajouter toutes les scènes du projet dans le menu *Build Settings*

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

Chaque scène possède non seulement un nom, mais également un numéro chronologique (la première scène est la numéro 0). Cela nous sera particulièrement utile pour indiquer la scène suivante, comme nous l'expliquerons plus loin dans ce travail.

Concernant la méthode appelant la scène suivante, son emplacement dépend avant tout du type d'interaction, comme nous le verrons dans les points suivants. Si le changement de scène doit être effectué directement à la fin de la vidéo et qu'il ne nécessite aucune interaction de la part du sujet, il suffit d'insérer l'instruction directement dans le script de lecture de la vidéo (*MediaPlayerCtrl*). Elle devra ensuite être placée à l'endroit précis où *m_CurrentState == MEDIAPLAYER_STATE.END* est valide, à savoir lorsque la vidéo courante a été entièrement lue et est arrivée à son terme. En revanche, si l'action de passer à une autre vidéo découle d'une interaction, c'est dans une autre classe qu'il faudra placer l'instruction en question, comme nous le verrons dans les points suivants.

Jusqu'à la version 5.2 d'Unity, cette instruction ne se composait que d'une seule ligne : *Application.LoadLevel("nomDeLaScene")*. Cependant, depuis Unity 5.3 (sorti en décembre 2015), l'instruction est *SceneManager.LoadScene("nomDeLaScene")* ; celle-ci devant en plus obligatoirement être précédée de l'ajout du namespace correspondant (*using UnityEngine.SceneManagement*) au sommet de la classe. Plutôt que de passer un argument

de type String à la méthode *LoadScene()*, nous pouvons également lui donner directement le numéro de la scène (int) correspondant au numéro indiqué sur la figure 20.

Voyons maintenant comment appeler cette méthode selon les interactions définies.

6.3.4. Interaction par le regard

Quand bien même l'interaction par le regard était destinée à être l'une des plus importantes de ce cas pratique, elle ne pourra pas être implémentée en raison du fait que nous travaillons avec des vidéos. En effet, et comme nous le voyons sur la figure 19, seule la sphère est visible lors du développement; la vidéo projetée sur ses parois ne s'affiche pas dans Unity, mais uniquement sur le smartphone, une fois l'application déployée.

Il est donc malheureusement impossible d'ajouter un *fuse button* étant donné que nous ne voyons pas la vidéo au moment où nous devrions le créer. Nous ne pouvons pas placer d'objet que le sujet doit regarder spécifiquement sans avoir un aperçu de ce qu'il voit, d'autant plus que ces boutons étaient dans notre cas pratique positionnés à des endroits-clés tels que sur la vitre arrière ou sur la clé du véhicule.

Si cela avait été possible avec des vidéos à 360 degrés, nous aurions procédé de la même manière que lorsque nous avons eu l'occasion de tester l'interaction par le regard avec des éléments 3D modélisés: en ajoutant tout d'abord des éléments Physics Raycaster et Event System, en écrivant ensuite le code qui renvoie vers une autre scène (de la même manière que nous le ferons pour l'interaction de type aimant latéral), puis en ajoutant ce code à un élément tridimensionnel en définissant que chaque paramètre renvoie à une scène différente. Le script *GazeInputModule* faisant partie du SDK Cardboard est spécifiquement conçu pour capturer la direction du regard de l'utilisateur ; il faut encore l'ajouter et le lier avec un composant Collider pour que le regard du sujet soit intercepté et renvoie à une autre scène.

Cette restriction qui empêche de procéder à l'ajout de cette interaction sur des vidéos à 360 degrés explique sans doute pourquoi, dans les applications que nous avons eu l'occasion de tester, les interactions liées au regard ne sont utilisées que dans des applications de jeux vidéo modélisés et jamais lors de la lecture de vidéos en mode réalité virtuelle.

En ce qui concerne notre prototype, l'interaction par le regard sera remplacée par l'actionnement de l'aimant latéral de Cardboard.

6.3.5. Interaction par l'aimant latéral

Afin de détecter si l'aimant latéral de la Cardboard faisant office de bouton a été actionné, nous avons besoin d'une classe très complexe (*CardboardMagnetSensor*) contenant différentes méthodes. Une fois celle-ci ajoutée aux assets, nous devons en créer une seconde qui appellera la méthode de la première, testant si l'aimant latéral a bien été tiré vers le bas (après l'avoir activé). Si c'est le cas, nous pourrons alors à nouveau appeler l'instruction précédemment nommée : *SceneManager.LoadScene(numeroDeScene)*. De plus, nous prendrons soin de définir le numéro (ou le nom) de la scène dans une variable qui officiera comme paramètre de la classe, de manière à pouvoir déclarer ce numéro directement dans l'appel du script (voir figure 21, le champ *Go To Scene*) et ne pas devoir créer une multitude de classes identiques où seul le numéro de la scène change. Cette classe est appelée *CardboardTriggerControlMono* et son contenu peut être consulté en annexe III. Elle devra être ajoutée à notre objet sphère afin d'être intégrée au projet, comme montré sur la figure suivante :

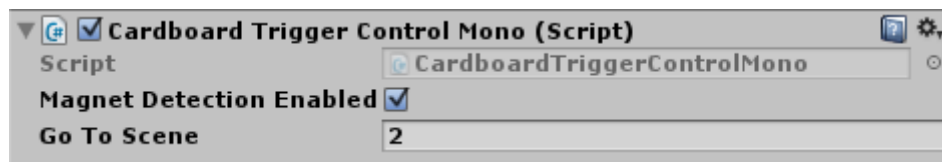


Figure 21 : appel du script lançant la scène dont le numéro correspond à celui entré dans *Go To Scene*

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

Désormais, une simple action de l'aimant permettra de passer à la scène suivante (pour autant que cela ait été géré pour la scène en question). Le sujet ne se rendra pas compte que le programme a changé de scène et de sphère ; il aura toujours l'impression de se trouver au centre du véhicule, avec de nouvelles instructions à écouter et des actions à effectuer. Le sentiment d'immersion virtuelle reste donc total, malgré le changement de scène.

6.3.6. Interaction par la voix

Intéressons-nous enfin au dernier type d'interaction défini dans notre cas pratique, le contrôle par la voix. À nouveau, différents obstacles se dressent sur notre chemin : outre tous les inconvénients précédemment nommés que possède le contrôle vocal (difficultés de compréhension, d'interprétation de langue, bruit environnant, micro placé à l'intérieur de la Cardboard), il se trouve qu'Unity 3D ne propose pas de support direct pour la reconnaissance vocale. Reprendre la bibliothèque Microsoft Speech Recognition serait une idée, mais elle n'est pas adaptée au déploiement pour mobile. Quant à celle de Google, elle n'est destinée qu'au développement Android standard.

Il existe tout de même une solution pour contourner ce problème sur Unity : l'achat d'un plugin spécifique. Tout comme pour les vidéos à 360 degrés, différents plugins sont capables de faire ce qu'Unity ne peut accomplir tout seul. Citons Speech Recognition for Android¹⁸ ou Android SpeakNow¹⁹, tous deux basés sur la bibliothèque Google Speech Recognition.

Étant donné que nous n'avons dans notre cas pratique qu'une seule instruction vocale et qu'il serait saugrenu d'acheter un plugin pour l'utiliser pendant une seule scène dont la durée n'excède pas dix secondes, nous n'avons pas pu tester celle-ci et la remplacerons dans par un actionnement de l'aimant latéral de Cardboard.

6.3.7. Déploiement

Afin de déployer l'application sur le smartphone, quelques étapes doivent être effectuées avant de la lancer pour la première fois.

Tout d'abord, il faut accéder au menu *File/Build Settings* et choisir *Android* dans la liste des plates-formes de développement. Attention à ne pas cliquer directement sur *Build And Run*, mais de tout d'abord sélectionner *Player Settings*, comme indiqué en vert dans la figure ci-dessous :

¹⁸ Lien de téléchargement : <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/13882> (prix actuel : 10\$)

¹⁹ Lien de téléchargement : <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/16781> (prix actuel : 40\$)

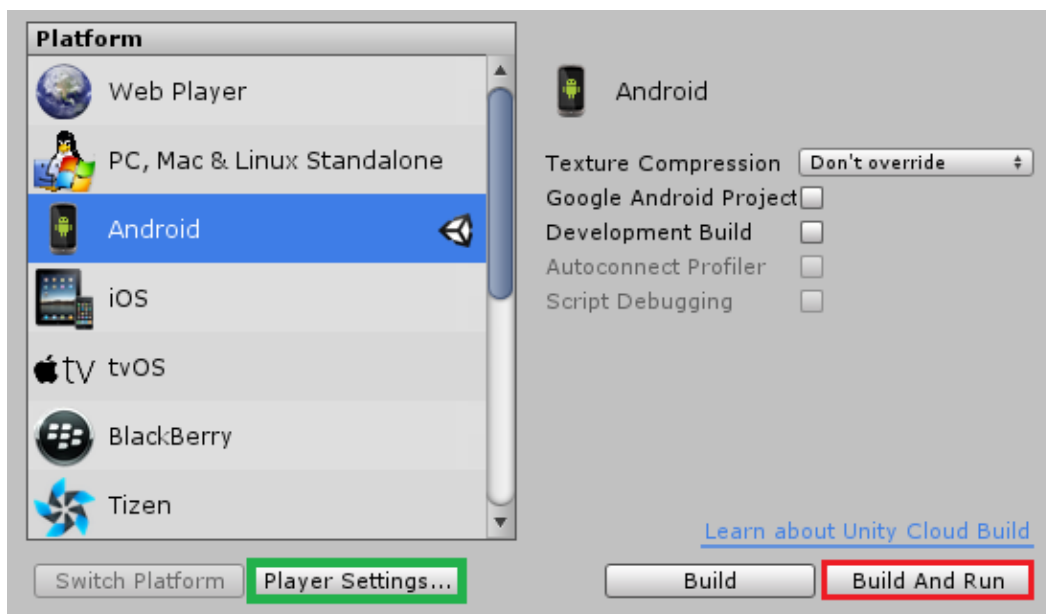


Figure 22 : menu *Build Settings* permettant le déploiement d'une application Unity3D

Source : capture d'écran réalisée par l'auteur

Un menu latéral s'ouvre alors sur la droite de l'écran. Le paramètre *Default Orientation* (sous-menu *Resolution and Presentation*) doit être changé à *Landscape Left* afin d'ordonner à Android de ne pas changer automatiquement l'orientation de l'écran selon la manière dont le téléphone est tenu (verticalement ou horizontalement). Sous *Other Settings*, dans la case *Bundle Identifier*, Android exige d'insérer un nom unique reliant l'application au système. Ce nom est généralement composé de deux lettres indiquant le pays de l'application (ou *com* pour une application commerciale) suivi du nom de l'entreprise ou de l'école et se terminant par le nom de l'application, le tout séparé par des points (exemple : ch.hevs.BachelorApp).

Une fois ces réglages effectués, *Build And Run* (bouton encadré en rouge sur la figure 22 ci-dessus) peut être pressé, pour autant qu'un smartphone Android soit relié au PC via un câble USB. Une fenêtre s'ouvre alors et permet de choisir où enregistrer le fichier .apk, à savoir l'application en elle-même qui peut directement être installée sur d'autres terminaux Android. Lorsque l'application aura été enregistrée sur l'ordinateur, Unity se chargera de la placer directement sur le téléphone connecté via USB puis de la lancer. Le câble peut alors être débranché et le smartphone placé dans la Cardboard afin de profiter de l'expérience de réalité virtuelle.

6.4. Résultat final et bilan

Nous avons donc développé notre prototype avec un succès mitigé. Le point positif le plus notable est sans aucun doute le fait que les vidéos sont entièrement visibles à 360 degrés sur Cardboard, donnant ainsi la possibilité d'apprentissage en immersion virtuelle. De plus, il y a une possibilité de navigation entre les différentes vidéos, une progression dans le jeu qui intervient soit automatiquement, soit lorsque l'utilisateur est appelé à le faire. En revanche, nous pouvons nous estimer déçus de l'interaction qui a lieu entre le sujet et le prototype, celle-ci se limitant à pousser l'aimant latéral vers le bas lorsqu'une action est demandée. Une fois de plus, comme dans deux nombreuses autres applications, un certain manque d'interaction se fait ressentir.

Par ailleurs, il arrive fréquemment que l'application *crashe* sans raison lors du changement de scène. Il est alors nécessaire de la redémarrer et de recommencer à la première scène pour tenter d'aller plus loin dans le jeu. Ces bugs sont totalement aléatoires (ils peuvent intervenir aussi bien après la première scène qu'à l'avant-dernière) et sont probablement causés par un manque de mémoire vive pour faire tourner l'application.

Nous arrivons par conséquent à la conclusion qu'il n'aurait peut-être pas fallu tenter de mélanger vidéos à 360 degrés et *serious game* (ou jeu vidéo d'une manière générale). C'est avec amertume que nous comprenons désormais pourquoi il existe deux grandes catégories distinctes d'applications de réalité virtuelle pour Google Cardboard, à savoir :

- les vidéos filmées à 360 degrés qui n'exigent aucune interaction de la part de l'utilisateur (excepté bouger la tête pour regarder autour de lui)
- et les jeux vidéo modélisés avec des textures et des objets 3D dans lesquels il y a une constante interaction entre le jeu et l'utilisateur, notamment à travers le regard de ce dernier ou encore grâce au bouton latéral de Cardboard, voire grâce au contrôle vocal.

Travailler avec des vidéos et penser y ajouter des éléments externes n'était probablement pas une bonne solution ; il aurait peut-être été plus judicieux d'inventer un cas pratique moins concret et de développer une application en la créant de toutes pièces avec des

objets modélisés tels qu'on en trouve sur l'Asset Store, sans filmer quoi que ce soit. Il aurait alors été possible d'ajouter un arrière-plan virtuel ainsi que des objets en 3D et de gérer le regard du sujet afin de pousser l'interaction un cran plus loin.

CONCLUSION

La réalité virtuelle n'en est qu'à ses débuts. Celle qui est souvent surnommée « *the next big thing* » s'apprête à débarquer cette année dans les salons des particuliers de manière massive, avec le lancement des trois principaux casques de réalité virtuelle que sont l'Oculus Rift, le PlayStation VR et le HTC Vive. Selon un rapport établi en 2015 par la Deutsche Bank, l'industrie de la réalité virtuelle pourrait valoir sept milliards de dollars en 2020 (James, 2015), principalement en raison de son développement sur le marché du jeu vidéo. Les plus grandes entreprises technologiques ont d'ailleurs presque toutes déjà investi ce marché : Facebook (via le rachat d'Oculus), Google, Samsung, HTC, Sony et Microsoft. Quant à Apple, l'annonce du lancement d'un produit en lien avec la réalité virtuelle ne saurait tarder si l'on se fie aux divers rachats et embauches opérés ces derniers mois par l'entreprise américaine (Hattersley, 2016).

Jusqu'à présent, ce sont les casques couplés à des smartphones comme le Samsung Gear VR ou la Google Cardboard qui ont fait office de pionniers de la réalité virtuelle. Le nombre toujours croissant d'applications disponibles sur le Play Store témoigne de l'intérêt grandissant des consommateurs. Néanmoins, il est important de souligner qu'une part considérable d'utilisateurs télécharge une ou plusieurs application(s) de réalité virtuelle dans le seul but de voir à quoi ressemble cette nouvelle forme de divertissement pendant quelques temps, avant de vite l'oublier. Ces utilisateurs passent totalement à côté des possibilités offertes par cette nouvelle technologie.

Il est cependant vrai que les applications possédant un réel potentiel font encore défaut. Une simple recherche sur le Play Store suffit pour constater que la plupart des applications de réalité virtuelle sont des jeux sans aucune interaction ou se contentant d'afficher des vidéos à 360 degrés. Or, s'il n'y pas d'interaction, comment maintenir l'attention de l'utilisateur davantage que quelques minutes ? Cela est d'autant plus vrai si celui-ci est coupé du monde et qu'il ne peut pas voir autre chose que ce que l'on veut lui montrer. L'apparition de *haptic devices* ou de joysticks compatibles avec les casques VR passifs ne pourra que faciliter la façon d'interagir avec la réalité virtuelle et la rendre plus populaire.

Définir un scénario d'apprentissage nous a montré à quel point il était difficile d'imaginer ce qui pourrait (ou au contraire ne pourrait pas) être développé par la suite. À trop vouloir mélanger les éléments entre jeux vidéo et vidéos à 360 degrés, nous nous sommes retrouvés confrontés à des limites que nous n'imaginions pas. Nous avons pu développer des fonctionnalités innovantes dans un but d'apprentissage, mais de manière limitée, et avons compris pourquoi la grande majorité des applications de réalité virtuelle Android disponibles présentaient toutes la même lacune, à savoir un déficit d'interaction. Programmer dans le but de créer de la réalité virtuelle requiert non seulement une certaine expérience dans la création de jeux vidéo, mais oblige également les développeurs à penser différemment.

Fort heureusement, il existe déjà des applications faisant bon usage de l'interaction certes limitée de Google Cardboard. Nous pensons notamment à celles dévolues à l'apprentissage immersif. La plupart d'entre elles prennent en compte le fait que montrer quelque chose d'inhabituel à quelqu'un ne doit pas se faire sans raison, dans un esprit purement démonstratif. Avec des explications claires, des interactions définies et la volonté d'enseigner d'une manière novatrice, l'apprentissage immersif pourrait se développer très rapidement et rencontrer un franc succès, au même titre que celui qui semble promis à l'industrie vidéoludique au printemps prochain.

La réalité virtuelle est à nos portes et elle pourrait bien changer notre façon de voir le monde. Encore relativement peu connue du grand public et réservée aux professionnels il y a quelques années, Google l'a rendue accessible à tous avec son casque Cardboard. Toutefois, ses buts et utilisations ne sont pas encore clairement définis dans l'esprit de la population. Le monde du jeu vidéo la démocratisera très prochainement. L'étape suivante devrait logiquement être d'y chercher d'autres usages, notamment éducationnels et didactiques. La tendance de l'apprentissage immersif amorcée sur les casques passifs pourrait bien se confirmer et ouvrir les portes virtuelles du savoir à tout un chacun.

RÉFÉRENCES

- AFP. (2012, Décembre 6). *Berlin célèbre les 100 ans de la découverte du buste de Néfertiti*. Récupéré sur L'Express: http://www.lexpress.fr/actualites/1/culture/berlin-celebre-les-100-ans-de-la-decouverte-du-buste-de-nefertiti_1196024.html
- Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au Serious game. Approches culturelle, pragmatique et formelle*. Toulouse: Université de Toulouse II et III.
- Anzil, P. (2013, Avril 13). *E-santé et mesure de soi, la science-fiction à portée de main*. Récupéré sur Les Numériques: <http://www.lesnumeriques.com/capteur-activite/e-sante-mesure-soi-science-fiction-a-portee-main-a1669.html>
- Apple. (2015). *Apple Watch - Acheter*. Récupéré sur Apple (CH): <http://www.apple.com/ch/fr/watch/buy/>
- Apple. (s.d.). *WatchKit*. Récupéré sur Apple Developer.
- Augmented Reality | Definition of augmented reality by Merriam-Webster*. (s.d.). Récupéré sur Merriam-Webster: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/augmented%20reality>
- Bavor, C. (2016, Janvier 27). *(Un)folding a virtual journey with Google Cardboard*. Récupéré sur Official Google Blog: <https://googleblog.blogspot.fr/2016/01/unfolding-virtual-journey-cardboard.html>
- Beal, V. (s.d.). *What is Software Development Kit (SDK)?* Récupéré sur Webopedia: <http://www.webopedia.com/TERM/S/SDK.html>
- Berko, L. (2013, Juillet 15). *Could Living as a Virtual Cow Make You Go Vegan?* Récupéré sur Motherboard: <http://motherboard.vice.com/blog/could-living-as-a-virtual-cow-make-you-go-vegan>
- Biri, V., Bouvier, P., de Sorbier de Pugnadoresse, F., Chaudeyrac, P., & Piranda, B. (2006). *Immersion dans un monde visuel et sonore en 3D*. Récupéré sur Université de Marne la Vallée: <http://igm.univ-mlv.fr/~fdesorbi/missbiblio/BLCPdS06nat/BLCPdS06nat.pdf>
- Burnham, K. (2013, Septembre 18). *8 Wearable Tech Devices To Watch*. Récupéré sur InformationWeek: http://www.informationweek.com/mobile/mobile-devices/8-wearable-tech-devices-to-watch/d/d-id/1111596?page_number=6
- Burns, M. (2015, Juillet 9). *Google Glass Is Alive*. Récupéré sur TechCrunch: <http://techcrunch.com/2015/07/09/google-glass-is-alive/#.ywbtksk:VcG1>
- Burns, M. (2015, Janvier 19). *Today Is The Last Day To Buy Google Glass*. Récupéré sur TechCrunch: <http://techcrunch.com/2015/01/19/today-is-the-last-day-to-buy-google-glass/>
- Burrowes, D. (2014, Décembre 8). *Baer's Odyssey: Meet the serial inventor who built the world's first game console*. Récupéré sur Ars Technica: <http://arstechnica.com/gaming/2014/12/in-the-beginning-ralph-h-baer-and-the-birth-of-the-game-console/>
- Casques-VR. (s.d.). *Présentation HTC Vive*. Récupéré sur Casques-VR: <http://casques-vr.com/htc-vive/>
- Castejon, M. (2015, Septembre 15). *Sony PlayStation VR : ne l'appellez plus Project Morpheus*. Récupéré sur FrAndroid: http://www.frandroid.com/marques/sony/310357_project-morpheus-casque-de-realite-virtuelle-de-sony-change-de-nom

- Chapman, G. (2016, Janvier 9). *Vegas awash with altered realities*. Récupéré sur The Asian Age: <http://www.asianage.com/technomics/vegas-awash-altered-realities-169>
- Charnay, A. (2015, Septembre 8). *GoPro et Google lancent Odyssey, leur plate-forme pour filmer à 360 degrés*. Récupéré sur 01net: <http://www.01net.com/actualites/gopro-lance-odyssey-une-sphere-pour-filmer-a-360-degres-913237.html>
- Chièze, J. (2015, Octobre 6). *HoloLens + Project XRay: date de sortie et prix du kit dévoilés*. Récupéré sur Gameblog: <http://www.gameblog.fr/news/53875-suivez-la-conference-microsoft-avec-hololens>
- Danilewsky, F. (2015, Mai 31). *Le casque Gear VR disponible pour les Galaxy S6 - vidéo*. Récupéré sur IDBOOX: <http://www.idboox.com/smartphone/le-gear-vr-disponible-pour-les-galaxy-s6-video/>
- de Waal-Montgomery, M. (2015, Septembre 2). *Samsung has shown it's serious about Tizen, but is it yet 'The OS of Everything'?* Récupéré sur VentureBeat: <http://venturebeat.com/2015/09/02/samsung-has-shown-its-serious-about-tizen-but-is-it-yet-the-os-of-everything/>
- DSFI Group. (2015, Mars 5). *communiqué de presse - DSFI Group présente sa division Events lors du Salon Heavent Meetings de Cannes*. Récupéré sur 24presse: <http://www.24presse.com/cp.php?id=9916955>
- Ducros, M. (s.d.). *Principe de la vision stéréoscopique*. Récupéré sur Photo Stereo: <http://photo.stereo.free.fr/stereoscopie/stereoscopie-principe.php>
- Durel, J. (2015, Juillet 21). *HTC Vive : la meilleure expérience de réalité virtuelle... pour l'instant*. Récupéré sur CNET: <http://www.cnetfrance.fr/produits/htc-vive-la-meilleure-experience-de-realite-virtuelle-pour-l-instant-39820800.htm>
- Fove. (s.d.). *FOVE: The World's First Eye Tracking virtual reality headset*. Récupéré sur FOVE: <http://www.getfove.com/>
- Fromentin, M. (2015, Mai 21). *Le casque FOVE, nouvel arrivant sur le marché de la réalité virtuelle*. Récupéré sur Übergizmo: <http://fr.ubergizmo.com/2015/05/21/casque-fove-realite-virtuelle.html>
- Giraudon, J. (2015, Avril 8). *La réalité virtuelle pour l'enseignement de savoirs abstraits ou nécessitant la pratique du terrain*. Récupéré sur L'Agence nationale des Usages des TICE: <http://www.cndp.fr/agence-usages-tice/que-dit-la-recherche/la-realite-virtuelle-pour-l-enseignement-de-savoirs-abstrais-ou-necessitant-la-pratique-du-terrain-82.htm>
- Google. (2015, Avril 16). *Cardboard Overview | Cardboard*. Récupéré sur Google Developers: <https://developers.google.com/cardboard/overview>
- Google. (2015, Mai 28). *Cardboard SDK for Unity*. Récupéré sur Google Developers: <https://developers.google.com/cardboard/unity/>
- Google. (2015). *Google Cardboard*. Récupéré sur Google: <https://www.google.com/get/cardboard/>
- Google. (2015). *Jump - Google*. Récupéré sur Google Cardboard: <https://www.google.com/get/cardboard/jump/>
- Google. (2015, Mai 22). *Platform Overview | Glass*. Récupéré sur Google Developers: <https://developers.google.com/glass/develop/overview>
- Google. (s.d.). *A new dimension - Designing for Google Cardboard - VR design guidelines*. Récupéré sur Google: <http://www.google.com/design/spec-vr/designing-for-google-cardboard/a-new-dimension.html#>

- Google. (s.d.). *Controls - Interactive patterns - VR design guidelines*. Récupéré sur Google: <http://www.google.com/design/spec-vr/interactive-patterns/controls.html>
- Google. (s.d.). *Creating and Running a Wearable App*. Récupéré sur Android Developers: <http://developer.android.com/training/wearables/apps/creating.html>
- Google. (s.d.). *Expeditions Pioneer Program*. Récupéré sur Expeditions Pioneer Program - Google: <https://www.google.com/edu/expeditions/>
- Google. (s.d.). *Setup - Interactive patterns - VR design guidelines*. Récupéré sur Google: <http://www.google.com/design/spec-vr/interactive-patterns/setup.html#setup-entering-exiting>
- Grève, B. (2015, Novembre 12). *"La réalité virtuelle va changer nos vies"*. Récupéré sur L'Express: http://www.lexpress.fr/tendances/produit-high-tech/technologies-la-realite-virtuelle-va-changer-nos-vies_1735088.html
- Gutiérrez, F., Pierce, J., Vergara, V., Coulter, R., Saland, L., Caudell, T., . . . Alverson, D. (2007). *The effect of degree of immersion upon learning performance in virtual reality simulations for medical education*. Récupéré sur PubMed - NCBI: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17377256>
- Hattersley, L. (2016, Février 1). *Apple VR UK release date and feature rumours, patents and acquisitions: Rumours suggest Apple is testing prototype virtual headset internally*. Récupéré sur Macworld: <http://www.macworld.co.uk/feature/apple/apple-virtual-reality-release-date-rumours-features-leaks-patents-2016-tim-cook-flyby-media-3601447/>
- Holz, D. (2014, Août 28). *Leap Motion Sets a Course for VR*. Récupéré sur Leap Motion: <http://blog.leapmotion.com/leap-motion-sets-a-course-for-vr/>
- James, P. (2015, Septembre 12). *Virtual Reality to be Worth \$7 Billion by 2020, Report Suggests*. Récupéré sur Road To VR: <http://www.roadtovr.com/virtual-reality-to-be-worth-7-billion-by-2020-report-suggests/>
- Lamkin, P. (2015, Mai 19). *FOVE eye-tracking VR headset hits Kickstarter*. Récupéré sur Wareable: <http://www.wareable.com/vr/fove-eye-tracking-vr-headset-price-specs-release-date-1157>
- Lamkin, P. (2015, Octobre 28). *Sony PlayStation VR: Essential guide to the hardware, games, release and more*. Récupéré sur Wareable: <http://www.wareable.com/project-morpheus/sony-project-morpheus-release-date-price-games>
- Lamkin, P. (2015, Novembre 9). *Tag Heuer Connected: Your guide to the Tag Android Wear smartwatch*. Récupéré sur Wareable: <http://www.wareable.com/android-wear/tag-heuer-android-wear-price-release-date-specs-958>
- Le Cardboard. (2015, 09 20). *Quelle est la différence entre le Cardboard V1 et le Cardboard V2 ?* Récupéré sur Le Cardboard: <https://www.lecardboard.com/quelle-est-la-difference-entre-le-cardboard-v1-et-le-cardboard-v2/>
- Les Google Glass et leurs utilisations. (2014, Novembre 5). Récupéré sur Artionet Web Agency: <https://www.artionet.ch/fr/Blog/Technologie/Les-Google-Glass-et-leurs-utilisations.html>
- Liffreing, I. (2015, Juin 5). *Gloves Add Touch to Virtual Reality*. Récupéré sur Discovery News: <http://news.discovery.com/tech/gear-and-gadgets/gloves-add-touch-to-virtual-reality-150605.htm>
- Macleod, D. (2007, Juin 20). *Augmented Reality at Wellington Zoo*. Récupéré sur The Inspiration Room: <http://theinspirationroom.com/daily/2007/augmented-reality-at-wellington-zoo/>

- man. (2015, Décembre 1). *Nokia lance sa coûteuse caméra de réalité virtuelle*. Récupéré sur 20 minutes: <http://www.20min.ch/ro/multimedia/stories/story/Nokia-lance-sa-co-teuse-camera-de-realite-virtuelle-11945811>
- man. (2016, Janvier 6). *Le casque HTC Vive Pre garde un œil sur le réel*. Récupéré sur 20 minutes: <http://www.20min.ch/ro/multimedia/stories/story/30491329>
- man/afp. (2015, Septembre 25). *Réalité virtuelle - Nouveau casque Gear VR à prix accessible*. Récupéré sur 20 minutes: <http://www.20min.ch/ro/multimedia/stories/story/Nouveau-casque-Gear-VR-a-prix-accessible-28267231>
- Mc Shea, T. (2014, Mars 26). *Facebook, Oculus Rift, and the Kickstarter Backlash*. Récupéré sur Gamespot: <http://www.gamespot.com/articles/facebook-oculus-rift-and-the-kickstarter-backlash/1100-6418571/>
- McKalin, V. (2014, Avril 6). *Augmented Reality vs. Virtual Reality: What are the differences and similarities?* Récupéré sur Tech Times: <http://www.techtimes.com/articles/5078/20140406/augmented-reality-vs-virtual-reality-what-are-the-differences-and-similarities.htm>
- Merli, N. (2015, Juin 11). *Oculus Rift : date de sortie, prix et caractéristiques du casque de réalité virtuelle*. Récupéré sur GentSide Gaming: http://gaming.gentside.com/oculus-rift/oculus-rift-date-de-sortie-prix-et-caracteristiques-du-casque-de-realite-virtuelle_art5636.html
- Morin, B. (2015, Mai 29). *Google Cardboard enfin compatible avec l'iPhone*. Récupéré sur Übergizmo: <http://fr.ubergizmo.com/2015/05/29/google-cardboard-iphone.html>
- NMC Horizon Project. (2014). *2015-horizon-he-preview.pdf*. Récupéré sur The New Media Consortium: <http://cdn.nmc.org/media/2015-horizon-he-preview.pdf>
- Oculus Rift : Date de sortie au premier trimestre 2016 annoncée*. (2015, Mai 6). Récupéré sur Casques-VR.com: <http://casques-vr.com/oculus-rift-date-de-sortie-au-premier-trimestre-2016-annoncee-2225/>
- Oculus Rift: Step Into the Game by Oculus*. (2012, Août 31). Récupéré sur Kickstarter: <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>
- Oculus VR. (2015, Novembre 10). *Blog – Samsung Gear VR now available for pre-orders at \$99*. Récupéré sur Oculus VR: <https://www.oculus.com/en-us/blog/samsung-gear-vr-now-available-for-pre-orders-at-99/>
- Oculus VR. (2015). *Developer Center – Documentation and SDKs*. Récupéré sur Oculus VR: <https://developer.oculus.com/documentation/pcsdk/latest/>
- Oculus VR. (2015). *Introducing the Samsung Gear VR Innovator Edition*. Récupéré sur Oculus VR: <https://www.oculus.com/en-us/blog/introducing-the-samsung-gear-vr-innovator-edition/>
- Oculus VR. (2015). *Oculus Ready PCs*. Récupéré sur Oculus: <https://www.oculus.com/en-us/oculus-ready-pcs/>
- Oeillet, A. (2016, Janvier 6). *L'Oculus Rift en précommande pour 699 euros*. Récupéré sur Clubic.com: <http://www.clubic.com/mag/jeux-video/actualite-791428-oculus-rift-precommande-600-dollars.html>
- Reilly, R. (2015, Août). *Getting Started With Developing Virtual Reality Apps Using Google Cardboard*. Récupéré sur The New Stack: <http://thenewstack.io/getting-started-with-developing-virtual-reality-apps-using-google-cardboard/>

- Ripton, J. (2014, Décembre 18). *Google Cardboard: everything you need to know*. Récupéré sur TechRadar: <http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/mobile-phones/google-cardboard-everything-you-need-to-know-1277738>
- Robin Schulz in the ultimate 360° film experience. (2015). Récupéré sur Robin Schulz 360°: <http://360.robin-schulz.com/>
- Rodier, M., & Zuber, J. (2013). *Guide de présentation et de réalisation des travaux écrits*. HES-SO Valais/Wallis.
- Rouse, M. (2015, Septembre). *What is augmented reality (AR)?* Récupéré sur WhatIs.com: <http://whatis.techtarget.com/definition/augmented-reality-AR>
- Salamin, A.-D. (2014). *10 ans de Cyberlearn*.
- Salesforce France. (2014, Novembre 13). *Les objets « wearable » : bien plus que de simples mini-ordinateurs portables*. Récupéré sur Salesforce Blog France: <https://www.salesforce.com/fr/blog/2014/11/les-objets-wearable-bien-plus-que-de-simples-mini-ordinateurs-portables.html>
- Samsung. (2014). *Samsung GALAXY Gear VR - Spec*. Récupéré sur Samsung: http://www.samsung.com/ch_fr/promotions/galaxynote4/spec/gearvr/
- Schmitt, S. (2014, Août 31). *Augmented Reality: So leben wir in fünf Jahren*. Récupéré sur Zeit Online: <http://www.zeit.de/2014/36/augmented-reality-computer-information>
- Schmoll, L., Veit, M., Roy, M., & Capobianco, A. (2013, Novembre 26). *Serious game et apprentissage en réalité virtuelle : résultats d'une étude préliminaire sur la mémorisation en langue étrangère*. Récupéré sur Université de Strasbourg: <http://icube-publis.unistra.fr/docs/7332/Serious%20game%20et%20apprentissage%20en%20r%C3%A9alit%C3%A9%20virtuelle.26.11.13.pdf>
- Simon. (2015, Juin 1). *GoPro made a crazy 16-camera VR film rig for Google Jump*. Récupéré sur 3ders: <http://www.3ders.org/articles/20150601-gopro-made-a-crazy-16-camera-vr-film-rig-for-google-jump.html>
- Smith, C. (2015, Janvier 14). *Toyota teams up with Oculus for VR driving lessons*. Récupéré sur Trusted Reviews: <http://www.trustedreviews.com/news/toyota-teams-up-with-oculus-for-vr-driving-lessons>
- Sony. (s.d.). *Casque virtuel 3D | Casque vidéo 3D | Visiocasque | HMZ-T3W | Sony FR*. Récupéré sur Sony: <http://www.sony.fr/electronics/produits-visiocasques/hmz-t3w>
- Starr, M. (2014, Mai 6). *Norwegian army trials Oculus Rift to drive tanks*. Récupéré sur CNET: <http://www.cnet.com/news/norwegian-army-trials-oculus-rift-to-drive-tanks/>
- Statt, N. (2015, Janvier 24). *Microsoft's HoloLens explained: How it works and why it's different*. Récupéré sur CNET: <http://www.cnet.com/news/microsoft-hololens-explained-how-it-works-and-why-its-different/>
- Sussan, R. (2016, Février 9). *Quelles technologies pour apprendre à apprendre ? | InternetActu*. Récupéré sur Le Monde Blog: <http://internetactu.blog.lemonde.fr/2016/02/06/quelles-technologies-pour-apprendre-a-apprendre/>
- Turquier, A. (2014, Mars 31). *L'histoire de la réalité virtuelle*. Récupéré sur Oculus-Rift.fr: <http://www.oculus-rift.fr/lhistoire-realite-virtuelle/>
- Unity - Game engine, tools and multiplatform. (2015). Récupéré sur Unity: <https://unity3d.com/unity>

- VideoStitch. (s.d.). *How 360 video works ? - 360 VR Video software*. Récupéré sur VideoStitch: <http://www.video-stitch.com/how-360-video-works/>
- Wearable devices = objets connectés*. (2013, Novembre 26). Récupéré sur Correspondant Informatique et Libertés du Centre National de la Recherche Scientifique: <http://www.cil.cnrs.fr/CIL/spip.php?article2072>
- Worth, T. (2015, Mai 28). *What programming language is used to develop Oculus Rift games/programs?* Récupéré sur Quora: <https://www.quora.com/What-programming-language-is-used-to-develop-Oculus-Rift-games-programs>
- Zhang, M. (2015, Décembre 3). *Google's Cardboard Camera App Lets You Shoot 3D VR Photos with Your Phone*. Récupéré sur PetaPixel: <http://petapixel.com/2015/12/03/googles-cardboard-camera-app-lets-you-shoot-3d-vr-photos-with-your-phone/>

ANNEXE I : PLANIFICATION

Loïc Zen Ruffinen																										
Année		2015													2016											
Tâches	Semaine	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	Réalisé	Prévu	Diff.
Administration																										
Lecture des documents administratifs	1							1															2	4	6	-2
Séances de suivi TB	1	1	1					1			1		1		2			0.5			0.5			9	14	-5
Planification du TB	2	3	2	1											2							1		11	8	3
Recherche sur le cas pratique	1											2	3		3									9	5	4
Recherche d'articles et de documents	3	3	2	2	2													2						14	13	1
Lecture de rapports et articles	4	4	2	2	2	2												3						19	26	-7
Rédaction fiche résumé																						2		2	4	-2
Restitution du document, de la fiche résumé, etc.																						2		2	3	-1
Rédaction des rapports hebdomadaires		1			2			1							2				1.5			1.5	1	10	11	-1
Rapport																										
Rédaction des composantes du document (avant-propos, résumé, introduction, conclusion, glossaire, liste des abréviations)			1	1			3		1	2										1		5		14	17	-3
Rédaction courante				2	6	5	7	4			8	4	11	10				10		9	15	12	13	116	80	36
Construction d'une bibliographie		1	2	1	1			1																6	12	-6
Table des matières, table des illustrations, sources sous les images et dans le fil du texte, mise en forme, etc.																										
Relecture							4	5	3		1									2		2		17	12	5
Développement du cas pratique														12	13						4	10		14	14	0
Production du document (impression, reliure, etc.)																						3		3	6	-3
Partie technique																										
Description et comparaison des devices									6	3	6	4					3							22	17	5
Prise en main de la Cardboard						2	3																	5	4	1
Choix de la technologie									3	6														9	1	8
Installation des composants pour le développement									2	3								3						8	8	0
Use cases et architecture																		2	8					10	4	6
Développement de l'application																		3	10	19	10	28		70	72	-2
Implémentation du cas pratique																		2						2	6	-4
Tests de l'application																				2	1	2		5	5	0
Correction des bugs																					1	3	3	7	6	1
Présentation orale																										
Powerpoint																						4	4	8	10	-2
Préparation à la défense																						4	8	12	13	-1
Défense à blanc																						3		3	4	-1
Intégration des remarques																						8		8	11	-3

La planification prévue initialement ainsi que le détail du nombre d'heures effectuées peuvent être retrouvés directement dans la feuille de calcul Excel *TB_planification_LZR.xlsx*.

Les rapports hebdomadaires écrits au fur et à mesure de l'avancement du travail de Bachelor et les comptes rendus des séances avec la Prof. Salamin sont également disponibles sur le CD gravé se trouvant à la fin du présent document ainsi qu'en ligne.

Voici enfin mon plan hebdomadaire établi avant le début du semestre par les assistants concernant le nombre d'heures consacrées à mes cours/projets et à mon TB (il ne fut d'ailleurs pas toujours aisé de combiner les quatre modules manquant à ma formation et le travail de Bachelor, celui-ci demandant énormément de temps) :

Loi Zen-Ruffinen				606_D
Semaine	Du	Au	Formation Ausbildung	TB
38	14.09.2015	19.09.2015	28	17
39	21.09.2015	26.09.2015	28	17
40	28.09.2015	03.10.2015	28	17
41	05.10.2015	10.10.2015	28	17
42	12.10.2015	17.10.2015	28	17
43	19.10.2015	24.10.2015		
44	26.10.2015	31.10.2015	28	17
45	02.11.2015	07.11.2015	28	17
46	09.11.2015	14.11.2015	28	17
47	16.11.2015	21.11.2015	28	17
48	23.11.2015	28.11.2015	28	17
49	30.11.2015	05.12.2015	28	17
50	07.12.2015	12.12.2015	28	17
51	14.12.2015	19.12.2015	28	17
52	21.12.2015	26.12.2015		
53	28.12.2015	02.01.2016		
1	04.01.2016	09.01.2016	28	17
2	11.01.2016	16.01.2016	28	17
3	18.01.2016	23.01.2016	exas	17
4	25.01.2016	30.01.2016	exas	17
5	01.02.2016	06.02.2016	0	45
6	08.02.2016	12.02.2016	0	30
Retour TB 12.02.2016 à 12h00				

Total heures

364

ANNEXE II : SUITE DU CAS PRATIQUE

En annexe, voici la suite du cas pratique tel que celui-ci était initialement défini. Nous avons finalement préféré nous concentrer sur un scénario d'apprentissage plus court et plus basique. Les étapes décrites ci-après sont donc la suite directe de celles du point 5.3.5 et complètent ainsi le *serious game*, comme s'il s'agissait d'un mini jeu vidéo.

Au bout de plusieurs secondes sans événement particulier (une transition au noir peut être ajoutée afin de simuler une ellipse si nécessaire), la voiture arrive à un feu rouge et s'arrête (elle ne change pas de direction et le sujet veut continuer tout droit).

« Vous vous situez face à un feu de circulation. Lorsque la lumière rouge est allumée, vous avez interdiction de passer et êtes contraint de vous arrêter. Lorsqu'il est orange, arrêtez-vous si votre vitesse vous le permet. Ce n'est que lorsque le feu passera au vert que vous pourrez avancer. Lorsque ce sera le cas, prononcez l'instruction « go ». N'essayez pas de frauder, la police rôde alentour. »

C'est ici qu'intervient le premier risque d'échec dans le jeu : si l'utilisateur prononce le mot « go » alors que le feu n'est pas encore au vert, la voiture démarre et grille le feu rouge, une sirène de police retentissant alors au même moment (ajoutée par ordinateur) que le message « Perdu : le feu était rouge ! » apparaît au centre de l'écran. L'utilisateur est invité à recommencer le niveau quelques secondes plus tard. Si au contraire le mot est prononcé une fois que le feu est passé au vert, la voiture démarre simplement et continue tout droit, en route vers le quatrième niveau (affichage à l'écran).

Le véhicule approche d'un signal STOP qui requiert par ailleurs une obligation de tourner (soit à gauche, soit à droite). Cela n'est pas mentionné par la voix off.

« Vous approchez à présent d'un panneau STOP. Fixez-le une fois que le véhicule sera totalement arrêté. »

Une fois l'action du bouton déclenchée, la voix off continue :

« Lors d'un STOP, vous perdez toute priorité et devez donc laisser passer tous les autres véhicules. N'oubliez pas d'indiquer la direction à suivre à l'aide du signofil, aussi appelé

indicateur de direction. Pour activer le signofil et donner la direction à suivre, énoncez le mot « left » pour tourner à gauche ou le mot « right » pour tourner à droite. »

Bien entendu, si le sujet a décidé de tourner à gauche alors qu'il y avait une obligation de tourner à droite ou le contraire, il a perdu. Le véhicule suit son ordre, un nouveau son de sirène de police se fait entendre et un message s'affiche pour lui signaler qu'il a commis une erreur. Il peut recommencer le quatrième niveau. S'il n'a pas fait d'erreur, le véhicule tourne dans la bonne direction et le sujet passe au niveau cinq (un message apparaît).

Le cinquième niveau fait office de test d'attention. La voiture roule normalement sur diverses routes sur lesquelles se trouvent plusieurs panneaux. La voix off avertit le sujet que tout va bien et qu'il sait désormais conduire d'une manière relativement sûre. Pendant que la voiture avance, elle passe devant un panneau de limitation de vitesse (60 ou 80 km/h). La voix off ne le mentionne pas et ce n'est qu'après plusieurs dizaines de secondes que la voix off intervient :

« Avez-vous fait attention à tous les panneaux de signalisation qui se trouvent aux abords des routes ? Sur ce tronçon, quelle est la vitesse maximale autorisée ? Répondez en donnant uniquement le chiffre, comme par exemple trente ou cinquante. »

Si le sujet donne le bon chiffre, il réussit et passe au dernier niveau. S'il se trompe, un message le lui indique et la sirène retentit. Il recommence le niveau cinq.

Enfin, le sixième et dernier niveau consiste à parquer le véhicule et à couper le moteur. La voiture arrive à proximité d'une place de parking :

« Vous voilà rentré chez vous. Fier de votre conduite, vous décidez de vous parquer ici et ne manquez pas de vous assurer d'entreprendre toutes les démarches avant de quitter le véhicule : freinez et arrêtez-vous, garder la pédale de frein enfoncée et placez le sélecteur de vitesses sur P. Pour changer ce dernier et le placer sur P, actionnez le bouton latéral de Google Cardboard. Coupez ensuite le moteur en regardant fixement le bouton de marche/arrêt pendant plusieurs secondes. »

Une fois ces deux actions effectuées, le moteur est coupé et la dernière phrase se fait entendre:

« Félicitations, vous avez correctement compris le fonctionnement de votre voiture et effectué vos premières heures de conduite ! Nous vous souhaitons une bonne journée. Pour recommencer le test au premier niveau, quittez l'application et relancez-la. »

Le *serious game* prend fin et l'image reste fixe.

ANNEXE III : CODE DE L'AIMANT LATÉRAL DE CARDBOARD

CardboardTriggerControlMono :

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class CardboardTriggerControlMono : MonoBehaviour
{
    public bool magnetDetectionEnabled = true;
    public int GoToScene;

    void Start()
    {
        CardboardMagnetSensor.SetEnabled(magnetDetectionEnabled);
        Screen.sleepTimeout = SleepTimeout.NeverSleep;
    }

    void Update()
    {
        if (!magnetDetectionEnabled) return;
        if (CardboardMagnetSensor.CheckIfWasClicked())
        {
            Debug.Log("aimant latéral actionné");
            SceneManager.LoadScene(GoToScene);
            CardboardMagnetSensor.ResetClick();
        }
    }
}
```


DÉCLARATION DE L'AUTEUR

« Je déclare, par ce document, que j'ai effectué le travail de Bachelor ci-annexé seul, sans autre aide que celles dûment signalées dans les références, et que je n'ai utilisé que les sources expressément mentionnées. Je ne donnerai aucune copie de ce rapport à un tiers sans l'autorisation conjointe du RF et du professeur chargé du suivi du travail de Bachelor, à l'exception de la personne qui m'a fourni les principales informations nécessaires à la rédaction de ce travail et que je cite ci-après : Christophe Hadorn. »

Sierre, le 12 février 2016

Loïc Zen Ruffinen